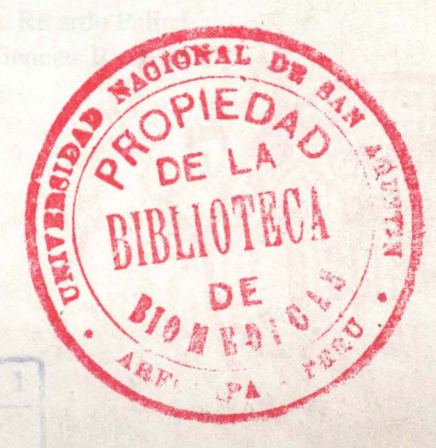
César Acleto O. y Reina Zúñiga A.

INTRODUCCIÓN A LAS ALGAS

INTRODUCCIÓN A LAS ALGAS

César Acleto O. y Reina Zúñiga A.



INTRODUCCIÓN

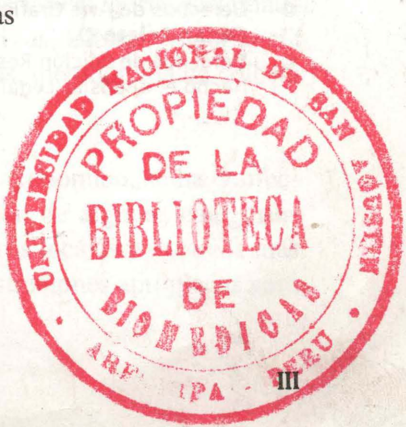
A

LAS ALGAS



Dr. César Acleto O.
Ex-Profesor de Botánica
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Investigador Honorario
Museo de Historia Natural

Dra. Reina Zúñiga A.
Profesora de Botánica
Universidad Ricardo Palma
Facultad de Ciencias Biológicas



Hecho el depósito Legal de conformidad con la Ley 25326



PRÓLOGO

Las últimas décadas del siglo XX, están caracterizadas por un vertiginoso desarrollo del conocimiento científico, indudablemente, en este contexto el desarrollo de la ciencia botánica es paralelo al de otras ramas del conocimiento humano, y dentro de ella, el estudio de las **algas** ha merecido igual atención. Numerosas, variadas y excelentes obras se han escrito hasta el presente en esta interesante rama de la Botánica, abordando todos los aspectos: sistemática, taxonomía, florística, fisiología, genética, bioquímica, ecología e importancia biológica. Sin embargo, estos trabajos altamente especializados, como muchos otros de carácter general, no tienen en nuestro medio la difusión y alcance deseados.

Inspirados en tan admirables obras y con el deseo de servir a los interesados en el conocimiento de este importante grupo de las criptógamas y luego de muchos años de docencia universitaria, nos hemos impuesto la tarea de presentar en esta oportunidad estos apuntes sobre las **algas.**

Con el objeto de cumplir nuestro propósito, la información contenida en esta obra es amplia y variada como lo son las algas por su propia naturaleza. Tratamos los aspectos generales citológicos, de organización vegetativa, reproducción y ciclos de vida, clasificación y estudio más detallado de las categorías sistemáticas consideradas, ejemplos de taxones más representativos, hábitat, importancia económica, ecología de las algas continentales y marinas, metodología de colecta y preservación y el glosario de los términos más usados.

Sin ser necesariamente un trabajo de carácter taxonómico, se ha confeccionado en muchos casos, claves para la determinación de algunas categorías taxonómicas, al final se describen brevemente los géneros locales o exóticos más representativos. Se ha agregado en cada capítulo las ilustraciones apropiadas para

complementar o reafirmar las informaciones correspondientes, la mayoría de las ilustraciones-dibujos y fotografías corresponden a los autores, logradas a través de años de trabajo de investigación y pocas corresponden a la herencia común que compartimos como usuarios del conocimiento humano y que en cada caso reconocemos.

Estamos conscientes que una obra de esta naturaleza es cada vez más urgente en sentido amplio, para conocer la diversidad vegetal en general, conservarla y usarla adecuadamente.

Por nuestra parte, reconocemos que son nuestras todas las deficiencias que pudieran advertirse en este trabajo; pues ha sido ardua la tarea de resumir y ordenar tanta información sobre las algas disponible en estos tiempos.

Por todo lo hecho, es oportuna la ocasión para expresar nuestro agradecimiento, gratitud y recuerdo a nuestros profesores de Botánica Drs. Ramón Ferreyra y Emma Cerrate de Ferreyra de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por habernos iniciado en el estudio de las plantas; a los Drs. E. Yale Dawson, George. F. Papenfuss, Paul C. Silva, John A. West, Carlos E. Bicudo y Munenao Kurogi, de quienes, personalmente, en sus respectivas instituciones y épocas diferentes aprendimos más sobre las algas.

A nuestros alumnos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Universidad Nacional Federico Villarreal y Universidad Ricardo Palma, quienes por muchos años han contribuido a nuestra obligación docente de estar permanentemente actualizados en las informaciones ficológicas.

Agradecemos asimismo a Magali Rosado Z. y a nuestros hijos Angélica, Jania e Israel por la dedicación puesta en la presentación final de los originales de este libro.

César Acleto O.
Reina Zúñiga A.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

En primer lugar, debemos reconocer que las algas como un todo, no constituyen un grupo simple y coherente del Reino Vegetal; por el contrario es un grupo muy diverso y polifilético, reconociéndose por lo menos siete linajes filogenéticos distintos que han surgido independientemente durante el tiempo geológico; su aparición data de hace 3 billones de años en el Precámbrico.

Las algas tienen un rango de diversidad morfológica muy grande, comprende formas unicelulares móviles o no, aparentemente simples a formas pluricelulares, algunas parenquimatosas complejas como los miembros de las Laminariales o las Fucales y aún así lo son en menor grado comparadas con las otras plantas: hepáticas, musgos y plantas vasculares. Cada grupo de las algas tienen finalmente características estructurales y moleculares propios.

Las algas muestran también formas variadas de reproducción asexual y sexual. Algas como las Cyanophyta y Euglenophyta sólo se reproducen asexualmente, otras muestran indistintamente formas de reproducción asexual y sexual durante su ciclo de vida con o sin alternancia de generaciones.

La diversidad morfológica y reproductiva de las algas tiene similar paralelo con los variados hábitats donde están presentes estas plantas: desiertos cálidos, suelos húmedos, aguas dulces y salobres, en la nieve, las aguas termales, ambientes marinos como formas planctónicas y bentónicas y en relación con organismos vegetales y animales diversos.

Su rol biológico en la naturaleza es igualmente variado, algunas como las Cyanophyta fijan el nitrógeno atmosférico, a modo de fertilizante biológico participa en el ciclo del N, otras como productores primarios de materia orgánica, inter-

vienen en la cadena trófica de muchos organismos heterotróficos, el ejemplo más notable de este rol se da en la pirámide trófica de los océanos en cuya base están los organismos que integran el fitoplancton. Muchas otras algas continentales y marinas como las especies *Nostoc, Spirulina, Laminaria, Porphyra* son usadas en la alimentación humana, cosechadas directamente de poblaciones naturales o son cultivadas exitosamente bajo tecnologías muy avanzadas.

Lo más significativo es el uso industrial de muchas algas pardas y rojas que habitan diferentes latitudes del planeta, pues sirven como materia prima para la obtención de polisacáridos valiosos como los alginatos, agar y carragenanos, productos de gran demanda por diversas industrias.

Los diversos aspectos de las algas señalados en los párrafos anteriores han sido estudiados a través del tiempo hasta el presente, así lo demuestra la bibliografía ficológica mundial que se incrementa a ritmo acelerado, sobresaliendo las publicaciones periódicas (bimensuales y trimestrales) de 4 Sociedades Ficológicas importantes: *Phycologia* (International Phycological Society) 36 volúmenes. *Journal of Phycology* (American Phycological Society) 33 volúmenes. *European Journal of Phycology* (antes *British Phycological Journal*) (British Phycological Society) 32 volúmenes y,*Phycological Research* (antes *Japanese Journal of Phycology*) (Japanese Phycological Society) 45 volúmenes.

Esperamos que al final de la información aquí reunida, los nuevos interesados puedan tener una visión amplia y variada de las algas y la posibilidad de abordar nuevos y particulares aspectos de este grupo singular del Reino Vegetal.

1

CARACTERES GENERALES DE LAS ALGAS

Las algas constituyen un grupo heterogéneo muy grande de plantas, provistas de diferentes pigmentos fotosintéticos. La mayoría de ellas son **eucarióticas** y tienen cromoplastos de forma, número y posición variados, mientras que un grupo reducido como las Cyanophyta son **procarióticas** y carecen de cromoplastos. Su diversidad está manifiesta en varios niveles, que comprenden los caracteres citológicos, morfológicos y reproductivos.

Una información descriptiva general de estas características se da a continuación y con mayor amplitud en los grupos respectivos.

1.1 CARACTERES CITOLÓGICOS

Los caracteres citológicos de las algas conciernen a la estructura y naturaleza de la pared celular, los flagelos, núcleo, cromoplastos y pirenoides, pigmentos fotosintéticos, productos de reserva y otras inclusiones citoplasmáticas.

1.1.1 PARED CELULAR. La mayoría de las algas tienen una pared celular definida que caracteriza de igual modo a los diferentes grupos taxonómicos. Pocas Chlorophyceae como *Dunaliella* y otras como *Ochromonas* y formas cenobiales o ameboides de las Chrysophyceae son desnudas en el estado vegetativo, tiene el protoplasto delimitado por una cubierta externa llamada **membrana plasmática, plasmalema** o simplemente **membrana celular**. Del mismo modo los gametos y las zoosporas de las diferentes algas son desnudos.

En otros grupos de las algas como en las Euglenophyta, por debajo de la membrana plasmática se localiza una cubierta especializada llamada **periplasto** o **película**, cubierta constituida por una serie de bandas o cintas, complicadas en su estructura y unidas entre sí por sus bordes de un modo particular. En *Trachelomonas,* la película es incompleta, por esta razón el individuo está protegido por una cubierta externa denominada **lórica**, de forma generalmente globosa e impregnada con sustancias férricas. La lórica está también presente en otros géneros de la Chrysophyceae como *Dinobryon*, lórica de naturaleza celulósica y de estructura fibrilar.

En otras algas la membrana celular está cubierta por 3 tipos distintos de escamas; así en *Synura y Mallomonas* son de naturaleza silícea, en *Coccolithus* son calcáreas, mientras que en *Chrysochromulina y Heteromastix* las escamas son de naturaleza orgánica.

En los dinoflagelados la pared celular especializada se llama **teca** o **anfiesma** es de naturaleza celulósica y está formada por placas cuyo número, forma y disposición son constantes en las especies. En las diatomeas la pared celular denominada **frústulo** está formada por dos valvas o tecas complementarías; su estructura es la más sorprendente entre las algas, por su naturaleza silícea y particular organización, es la parte más estudiada por su valor taxonómico.

En los integrantes de las algas verdes, pardas y rojas, la pared celular es similar a la de las plantas superiores, es de naturaleza celulósica y estructura microfibrilar con orientación variada. En general, la pared celular de estas algas está diferenciada en 3 capas: una interna que delimita la célula, otra intermedia que cementa y cohesiona las células y una externa cuticular. En la mayoría de las algas la pared celular es de naturaleza pecto-celulósica, en algunos géneros de algas verdes como *Caulerpa, Halimeda, Penicillus,* la celulosa está reemplazada por xilano y manano.

Además de los compuestos pectocelulósicos presentes en la pared celular de las algas pardas y rojas, existen diversos polisacáridos de valor industrial como la algina, agar y carragenano. Es notable también la deposición de carbonato de calcio en la pared celular de diferentes algas verdes como *Halimeda y Penicillus,* pardas como *Padina* y rojas como *Corallina, Lithothamnion, Melobesia* y otras. El carbonato de calcio compuesto generalmente por cristales de calcita y aragonita forma una capa de fibrilar externa a la pared celular en *Halimeda y Padina*, o se deposita en el matrix de la pared celular en las algas rojas, a tal punto que muchas de éstas tienen el aspecto de un mineral.

Finalmente la pared celular de las algas azul-verdes se caracterizan por estar constituida por varias capas superpuestas; químicamente es compleja, tiene mucopolímeros y lipopolisacáridos como la pared de las bacterias.

1.1.2 FLAGELOS. Todas las divisiones de las algas, con excepción de las Cyanophyta y Rhodophyta presentan flagelos en sus formas vegetativas, así como en sus gametos y zoosporas. En cada grupo taxonómico los flagelos son constantes en su morfología, número y disposición. Así por ejemplo *Chlamydomonas* tiene 2 flagelos anteriores e iguales; mientras que *Chromulina* tiene un solo flagelo anterior pleuronemático; los dinoflagelados poseen dos flagelos desiguales en morfología y de inserción lateral; *Carteria* posee 4 flagelos iguales y anteriores; las zoosporas de *Oedogonium* llevan un mechón de flagelos en uno de sus polos o tienen flagelos en toda su superficie como las de *Vaucheria*.

Si los flagelos son idénticos en morfología y longitud se denomina **isoconta** como en las Chlorophyta y si son diferentes se llaman **heteroconta** como en las Chrysophyta y Phaeophyta. En las algas con flagelos heteroconta, un flagelo es liso, mientras que el otro lleva una serie de apéndices laterales llamados **mastigonemas** o simplemente **pelos**. Si los pelos son bilaterales como en las Xanthophyta, Chrysophyta y Phaeophyta los flagelos se llaman **pantonemáticos**, se denomina **esticonemáticos** si los pelos son unilaterales como en las Euglenophyta. Por otro lado los flagelos se denominan **homodinámicos** si muestran un movimiento coordinado, o **heterodinámicos** si los movimientos son independientes en la misma célula.

Los gametos masculinos de algunas algas como *Himanthalia*, *Xiphophora* y *Dictyota* tiene el flagelo anterior con uno o más apéndices minúsculos semejantes a espinas. Otras algas como *Synura, Mallomonas, Heteromastix* tienen los flagelos cubiertos con escamas imbricadas y orientadas longitudinalmente.

Los flagelos en las algas son similares en estructura a los flagelos de las plantas y animales, tienen 9+2 microtúbulos: 9 pares periféricos + 1 par central, denominados en conjunto **axonema**, incluidos en un estuche que es la continuación del plasmalema celular. El axonema es uniforme en casi toda la longitud del flagelo, diferenciándose sólo próximo al **corpúsculo basal o blefaroplasto**, pues los microtúbulos de pares o dobles se transforman en triples, sin el par central, así mismo, tiene una orientación angular distinta y están conectadas hacia el extremo proximal del corpúsculo basal y cada grupo hacia la zona central; por debajo del corpúsculo basal se ubica la **raíz flagelar** constituidas por bandas estriadas y grupos de microtúbulos. De igual modo existen una configuración distinta de los microtúbulos hacía el extremo flagelar como 9+2>4+2>2+2>0+2, de allí que la morfología del extremo flagelar es considerada de importancia filogenética.

1.1.3 NÚCLEO. Esta estructura es el almacén principal de información genética en la célula de las algas. Es el centro de control de la expresión selectiva de la información almacenada. Además del núcleo, el material genético está presente en los cromatóforos y en los mitocondria y en el nucleomorfo de las Cryptophyceae, como estructura que contiene el genoma subsidiario.

El nivel de organización del material nuclear nos permite distinguir entre las algas dos grandes grupos: **procarióticas** como las Cyanophyta y Prochlorophyta al igual que las bacterias y **eucarióticas** como el resto de los grupos taxonómicos. En las algas procarióticas el ADN tiene una configuración anillada en el centro de la célula y carece de membrana nuclear; mientras que en las algas eucarióticas el ADN se encuentra en los cromosomas, constituyendo la cromatina con cierta cantidad de ARN y proteína nuclear. En las Euglenophyceae los cromosomas muestran una estructura granular densa, incluidos en un matriz menos denso. Así mismo, en las Pyrrhophyta cuyo núcleo es **mesocariótico**, los cromosomas son visibles aún en la interfase, son condensados y están formados por una serie de bandas transversales.

El núcleo de las algas eucarióticas tiene una membrana nuclear doble, provista de perforaciones y anillos de tamaño y distribución semejante a lo observado en las plantas superiores.

En las algas Eucarióticas las células son generalmente uninucleadas. Pocas algas son multinucleadas en condición vegetativa como es el caso de *Cladophora* y las formas cenocíticas como *Vaucheria, Bryopsis* y otras; así como en las fases previas a la reproducción asexual y sexual. En la formación de las zoosporas en *Pediastrum e Hydrodictyon* y de los gametos en *Cladophora y Ulva.*

En general existe información variada sobre la división nuclear y la citocinesis en los diferentes grupos de las algas. La mitosis es común durante la división celular en la fase vegetativa o durante la formación de los gametos en los individuos haploides; mientras que la meiosis ocurre durante la gametogénesis y la formación de las esporas como las tetrasporas.

Las investigaciones realizadas sobre la mitosis han contribuido a entender las relaciones de las Chlorophyta con las plantas terrestres y al mismo tiempo a distinguir los diferentes grupos de las algas.

1.1.4 CROMOPLASTOS Y PIRENOIDES. Con excepción de las Cyanophyta y Prochlorophyta, todas las demás Divisiones de las algas presentan **cromoplastos** como inclusión citoplasmática que llevan los pigmentos fotosintéticos característicos. En algunos grupos de las algas existen también plastidios no pigmentados llamados **leucoplastos** que acumulan almidón, grasas y aceites y sustancias proteicas.

En general la organización estructural de los cromoplastos es casi la misma en todas las algas: tienen una membrana unitaria doble o triple como en las Euglenophyta y Pyrrhophyta, un estroma finamente granular que incluye un sistema membranoso llamado **lamela**, estas lamelas se organizan en forma de cisternas aplanadas interconectadas llamadas **tilacoides**. Existen tilacoides sencillos del estroma y tilacoides cortos, superpuestos en forma compacta constituyendo los **grana**. Existen varios grana en cada cromoplasto y un número variable de tilacoides

por grana. Así en las algas verdes existen 2 a 6 tilacoides por grana, mientras que en las algas pardas hay sólo 3 tilacoides por grana.

Los cromoplastos están compuestos por proteínas, lípidos, ribosomas, ADN y ARN en cantidades pequeñas, a estos elementos se asocian los pigmentos fotosintéticos dispuestos en capas muy finas en las lamelas.

Los cromoplastos muestran una gran diversidad en morfología, número y posición en los distintos grupos de las algas: son ovales o lenticulares, pequeños, numerosos y parietales en *Vaucheria y Bryopsis*, laminar, único y parietal en *Ulva, Chlorella y Chlamydomonas,* laminar, único, en forma de banda y ecuatorial en *Ulothrix y Stigeoclonium*, en forma de cinta o banda espiralada, uno o varios, parietales en *Spirogyra*, laminar, único, grande y axial en *Mougeotia*, globular radiado, dos, axiales en *Zygnema* y reticulado parietal en *Cladophora, Rhizoclonium.*

El proceso de división de los cromoplastos es poco estudiado. Se sabe que en las algas con un solo cromoplasto la división está vinculada a la división de la célula o al organismo unicelular como en *Chlamydomonas*. En las algas con numerosos cromoplastos la división tiene lugar en cualquier momento y en consecuencia es más difícil de ser observado. La división ocurre de modo longitudinal o transversal como en *Euglena y Closterium* respectivamente.

Pirenoides. Asociados a los cromoplastos de muchas algas y probablemente en todos los miembros de las Chlorophyta se encuentran los **pirenoides**: cuerpos proteicos densos, frecuentemente refractivos y de variada morfología; están incluidos en los cromoplastos o sobresalen de éstos, cubiertos por la membrana del cromoplasto.

Existen varios tipos de pirenoides en los distintos miembros de las algas: pirenoides internos simples sin tilacoides o con tilacoides; pirenoides internos complejos con tilacoides dispuestos sin orden o con lamelas más o menos paralelas; pirenoides con un simple pedúnculo o con múltiples pedúnculos; pirenoides embebidos completamente en un cromoplasto que contiene almidón o sin éste.

También son variados en cuanto a su número y posición, así en *Chlamydomonas y Chlorella* hay un solo pirenoide central en el único cloroplasto, mientras que en *Closterium, Mougeotia y Spirogyra* existen varios pirenoides dispuestos axialmente en los cloroplastos y en *Cladophora* hay muchos pirenoides ubicados en las intersecciones del cloroplasto reticulado y parietal.

En los distintos grupos de las algas los pirenoides se dividen antes o durante la división celular. En muchas algas verdes los pirenoides desaparecen durante la división celular y se reconstruyen en las células hijas. En algunas algas los pirenoides están presentes en alguna fase de su ciclo vital y están ausentes en la fase vegetativa principal.

Los análisis realizados en extractos de los pirenoides han revelado la existencia de una cantidad considerable de proteínas, carentes de ácidos nucleicos. Estudios más profundos de los extractos revelan que los pirenoides sirven como una estructura de almacenamiento de enzimas necesarios en la formación de las células hijas.

1.1.5 PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS. Este es el carácter de clasificación más comúnmente usado para diferenciar a los miembros de las distintas Divisiones de las algas. Se sabe que la coloración varía frecuentemente en relación con el lugar que ocupan las algas en el medio y la interacción de las distintas ondas de la fuente luminosa en los pigmentos diversos contenidos en los cromoplastos. En consecuencia una clasificación más precisa se basa en el análisis bioquímico de los pigmentos.

Los pigmentos fotosintéticos de las algas, corresponden a 3 grupos bioquímicos diferentes: clorofilas, carotenoides y biliproteinas.

Las clorofilas son pigmentos verdes, solubles en alcohol y solventes orgánicos. Existen varias clases de clorofilas diferenciadas en relación con los espectros de absorción lumínica. La clorofila **a**, está presente en todas las algas; la clorofila **b** se halla en las Chlorophyta y Euglenophyta, así como en las plantas superiores; la clorofila **c** es otro pigmento de amplia distribución, se encuentra en las Pyrrhophyta, Bacillariophyta, Chrysophyta, Cryptophyta y Phaeophyta. La clorofila **d** está presente sólo en las Rhodophyta y la clorofila **e** ha sido identificada en los géneros *Tribonema y Vaucheria* de las Xanthophyta.

Los carotenoides, son pigmentos amarillentos o anaranjados, solubles en los solventes orgánicos o en los lípidos. Comprende a los carotenos y a las xantófilas. Los carotenos son hidrocarbonos lineales no saturados, mientras que las xantófilas son derivados oxigenados de los carotenos.

El ß caroteno es el más abundante en las algas, mientras que el α caroteno está asociado al ß caroteno de las plantas superiores. En las algas sólo está presente en las Chlorophyta, Charophyta y Rhodophyta.

Las xantófilas son pigmentos derivados de los carotenos y hay una gran diversidad de xantófilas en los diferentes grupos de las algas y comúnmente tiene una denominación correspondiente. Se cita por ejemplo que la fucoxantina está presente en las Chrysophyta; la dinoxantina, peridinina, diadinoxantina están presentes en las Pyrrhophyta. Existen otras xantófilas como la afanicina, astaxantina, diatoxantina, flavoxantina, luteina, neoxantina, neodinoxantina, neofucoxantina, myxoxantina, oscilloxantina, sifoneina, sifonoxantina, zeaxantina y violaxantina entre las más importantes.

Las biliproteinas, son pigmentos proteicos complejos, reconocidos antes como ficobilinas, son de color azul o rojo y denominados ficocianina y ficoeritrina

respectivamente. Estos pigmentos están presentes sólo en la Cyanophyta, Cryptophyta y Rhodophyta. El análisis espectral de ellos, muestran diferencias entre los grupos de las algas, así en las Cyanophyta están presentes las del tipo C (C-ficocianina y C-ficoeritrina), en las Rhodophyta existen las del tipo R (R-ficocianina y R-ficoeritrina) y las biloproteinas de las Cryptophyta son de un tercer tipo.

La cantidad de los pigmentos fotosintéticos es variable en cada grupo de las algas y proporciona a cada uno la coloración correspondiente. Su proporción varía considerablemente en relación con las condiciones ambientales, como en las algas rojas que muestran una coloración variada: verde intenso a violáceo en *Grateloupia doryphora,* pardo amarillento en *Ahnfeltia durvillaei,* marrón oscuro o negruzco en *Prionitis decipiens,* marrón violáceo en *Gigartina chamissoi* y rojo vinoso a rosado o rojo intenso como coloración típica en *Phyllymenia papenfussii, Halymenia tenera, Callophyllis violacea, Cryptonemia spp; Rhodymenia* spp., entre las más notorias de las algas rojas.

1.1.6 PRODUCTOS DE RESERVA. Los productos finales de la actividad fotosintética de las algas, están representados principalmente por diversos polisacáridos, proteínas, grasas y aceites.

Los polisacáridos son los productos más variados, útiles en la clasificación primaria de las algas. Así en las Chlorophyta y Charophyta el polisacárido característico es el almidón, similar al presente en las plantas superiores; en las Cyanophyta y Rhodophyta los polisacáridos característico se denomina **almidón de cianofíceas** y **almidón de florideas** respectivamente, en ambos grupos se encuentran libres en el citoplasma.

Otros polisacáridos característicos son el **paramilon** de las Euglenophyta, la **crisolaminarina o leucosina** de las Chrysophyta y Bacillariophyta y la **laminarina** de las Phaeophyta.

Entre las reservas proteicas sobresalen los **gránulos de cianoficina** presentes en las Cyanophyta. En algunas algas verdes el material proteico se forma en el interior de las cisternas del retículo endoplasmático y luego se liberan hacia la vacuola central en forma bacilar o gránulo fibrilar.

Las grasas y aceites como producto de reserva se acumulan en una variedad de algas, en mayor proporción en las Chrysophyta, Pyrrhophyta y Bacillariophyta.

Otros productos de reserva incluye al **manitol** de las algas pardas, los compuestos fenólicos y glucídico como el **floridósido** de las algas rojas. También son importantes los diversos **esteroles** presentes en diferentes grupos taxonómicos, excepto en las Cyanophyta y los compuestos de **iodo** y **bromo** en ciertas algas rojas.

1.1.7 OTRAS INCLUSIONES CITOPLASMÁTICAS. Entre éstas se consideran al estigma, los mitocondria, aparato de golgi, vacuola contráctil y la púsula.

Estigma. Esta inclusión existe en muchas algas móviles o en los elementos móviles de reproducción (gametos y zoosporas). Está constituida por un conjunto de glóbulos o gránulos osmiofílicos coloreados de anaranjado por pigmentos carotenoideos.

El estigma se localiza generalmente en una zona definida en cada clase de las algas. En las Chlorophyta por ejemplo es intraplastidial, no vinculado con el flagelo, en las Chrysophyceae y Xanthophyceae y en los gametos de las Phaeophyceae es intraplastidial vinculado al flagelo; mientras que en las Euglenophyceae el estigma es extraplastidial y adyacente al flagelo. En las Pyrrhophyta hay varias clases de estigmas que muestran similitud con los tipos de estigmas ya mencionados. Sobresalen entre éstos el **ocelo** presente en los miembros de la Familia Warnowiaceae, este estigma complejo es similar al órgano de percepción lumínica de los animales.

Podemos afirmar, que los diferentes tipos de estigmas guardan correlación con la clasificación y la filogenia de las algas.

La función más generalizada que se atribuye al estigma es el de la percepción lumínica positiva o negativa de la célula. El mecanismo de esta función guarda estrecha vinculación a una estructura fotoreceptiva.

Los Mitocondria. Esta inclusión presente en las algas, tiene una estructura similar a la conocida en otras plantas. La forma más común es la ovoide elongada, aunque también existen formas irregulares. La membrana interna mitocondrial forma crestas tubulares que tienen ligera constricción en su base. Las crestas pueden ser abundantes o escasas.

Los mitocondria de muchas algas contienen ADN fibrilar o también ribosomas como en *Ochromonas*.

Aparato de Golgi. Está presente en la mayoría de las algas. Constituidos por los **dictiosomas** dispersos en el citoplasma o agrupados próximos al núcleo. Los dictiosomas están formados a su vez por grupos variado de cisternas.

Las funciones atribuidas a esta estructura son diversas: contribuyen a la formación de la pared celular, morfogénesis de las escamas, síntesis de diversos materiales necesarios para la diferenciación de otras partes de la célula.

Vacuola Contráctil. Son organelos vinculados con la osmoregulación y también con la excreción. Está presente en muchas algas de agua dulce y pocas algas marinas. Se localizan generalmente en la parte anterior de la célula como en las Euglenophyta.

La vacuola contráctil consta de una vesícula delimitada por una pared simple. Se forma por fusión de numerosas vacuolas pequeñas, constituyéndose finalmente una sola grande y notoria.

es o en los elemen-
tituida por un con-
ado por pigmentos

da en cada clase de
vinculado con el
s gametos de las
entras que en las
al flagelo. En las
ad con los tipos de
ente en los miem-
milar al órgano de

nas guardan corre-

es el de la percep-
esta función guar-

tiene una estructu-
a ovoide elongada,
mitocondrial forma
crestas pueden ser

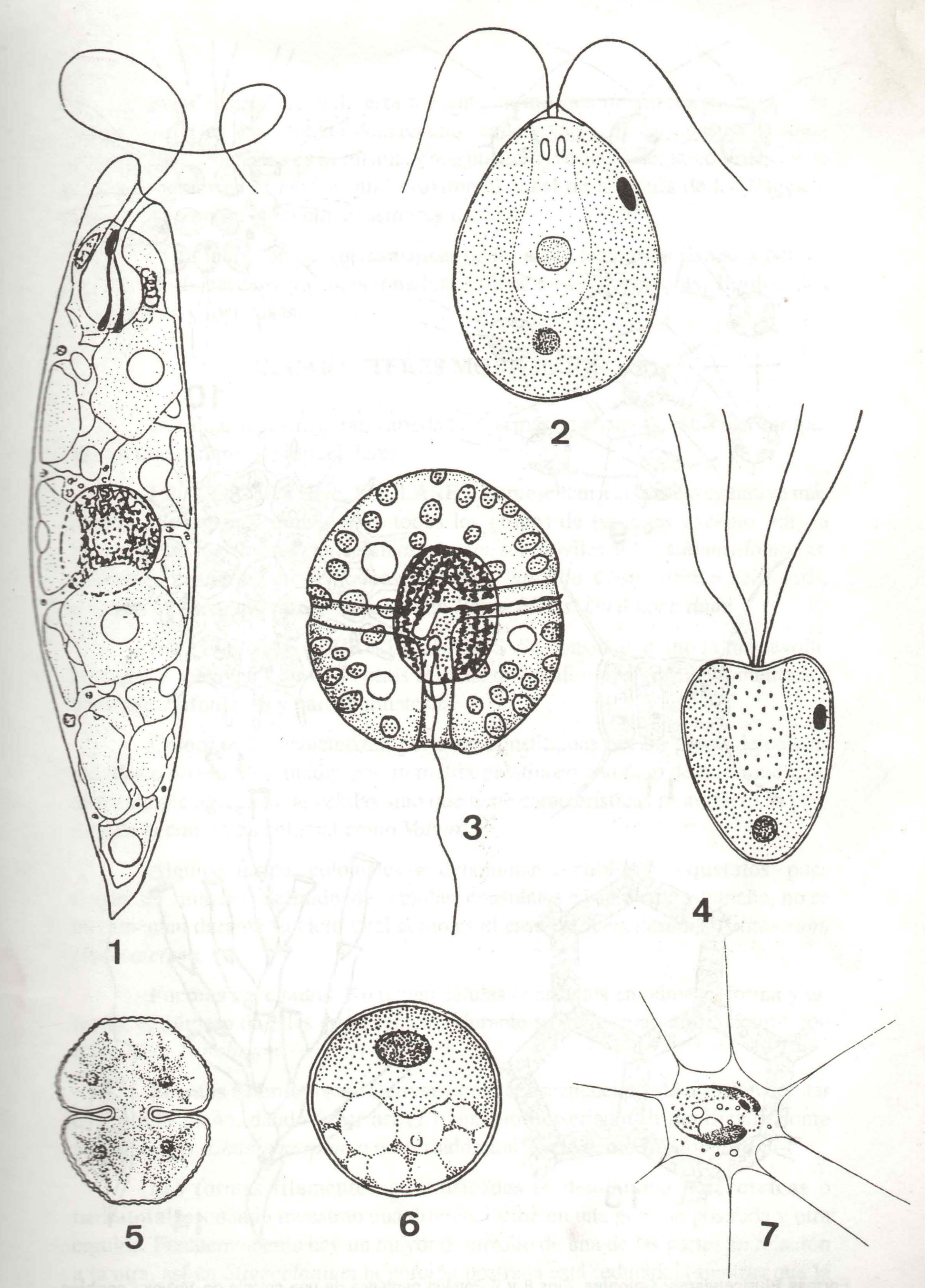
fibrilar o también

lgas. Constituidos
óximos al núcleo.
cisternas.

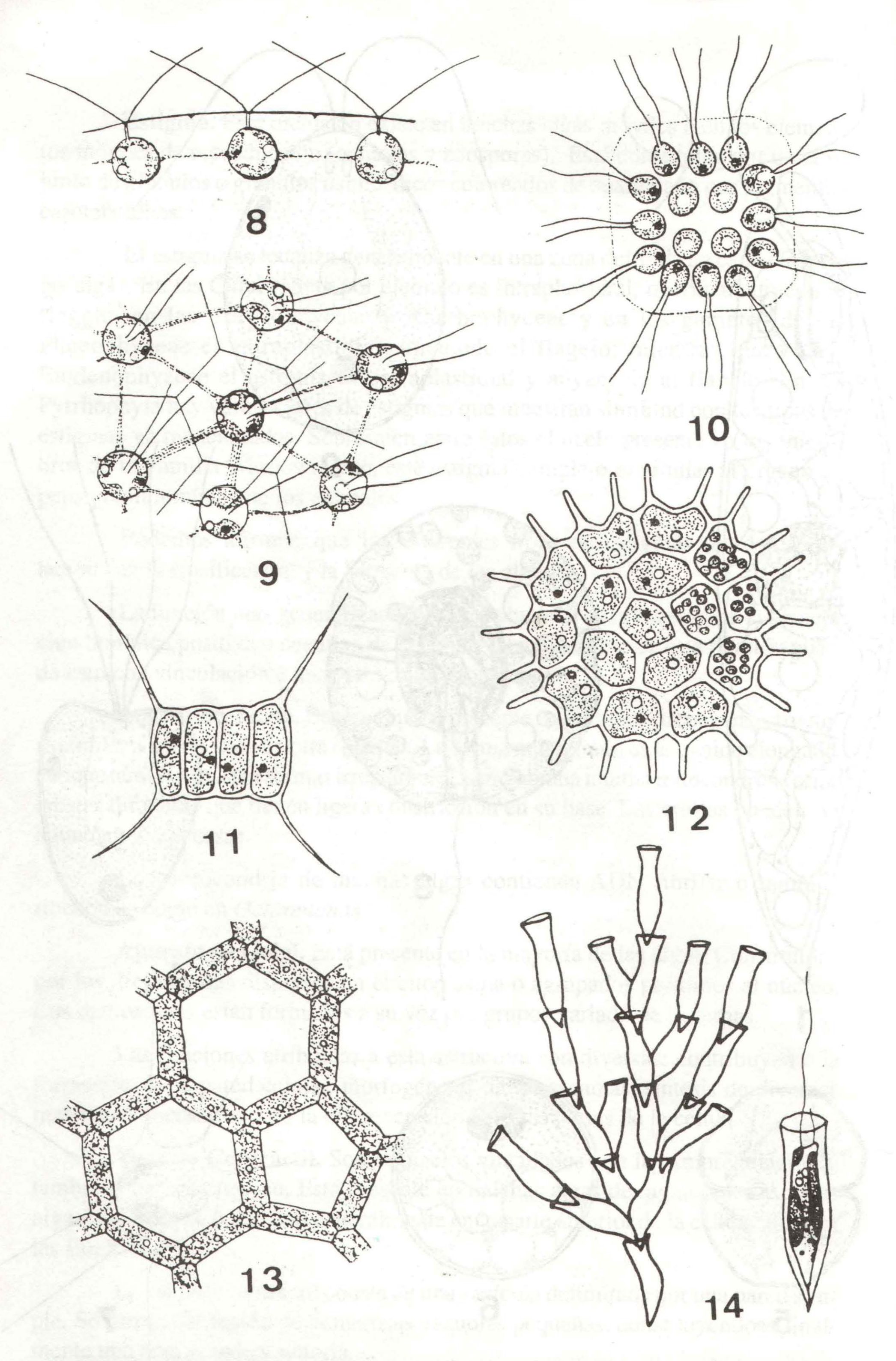
contribuyen a la
ntesis de diversos
a célula.

smoregulación y
gua dulce y pocas
la célula como en

or una pared sim-
tituyéndose final-



Formas Unicelulares: Móviles. Fig.1 *Euglena.* **Fig.2** *Chlamydomonas.* **Fig.3** *Gymnodinium.* **Fig.4** *Carteria.*
No Móviles. Fig.5 *Cosmarium.* **Fig.6** *Chlorella* **Ameboide. Fig.7** *Rhizochloris.*



Formas Pluricelulares: Colonias. Figs.8 y 9 Porción periférica de una colonia de *Volvox* **Cenobios. Fig.10** *Gonium.* **Fig.11** *Scenedesmus.* **Fig.12** *Pediastrum.* **Fig.13** Porción de una colonia de *Hydrodictyon.* **Forma Agregada. Fig.14** *Dynobryon* detalle de una colonia y un individuo libre.

Púsula. Este organelo está presente en muchos miembros marinos y de agua dulce de las Pyrrhophyta. Aún reconociéndose varios tipos de púsula, la constitución básica de éstas es la misma, presentan una vesícula de pared gruesa y se abre al exterior en el lado ventral próximo al canal de la salida de los flagelos. Funciona como un organelo de osmoregulación.

Otras inclusiones citoplasmáticas de las algas están representadas por los productos de reserva ya mencionados: Polisacáridos, proteínas, lípidos, los polifosfatos y fosfatasas.

1.2 CARACTERES MORFOLÓGICOS

Las algas muestran gran variedad de formas vegetativas, éstas son agrupadas en unicelulares y pluricelulares.

1.2.1 FORMAS UNICELULARES. Representan a la forma vegetativa más simple, es la forma común entre todos los grupos de las algas excepto en la Phaeophyta. Las formas unicelulares pueden ser móviles como *Chlamydomonas, Euglena, Peridinium,* etc., o no móviles como *Chlorella, Cosmarium, Asterocystis,* o tienen movimientos ameboideos como *Rhizochloris, Dinamoebidium.*

1.2.2 FORMAS PLURICELULARES. Se considera como la más evolucionadas e incluyen a su vez a otras formas: coloniales, agregadas, filamentosas, laminares, sifonáceas y parenquimatosas.

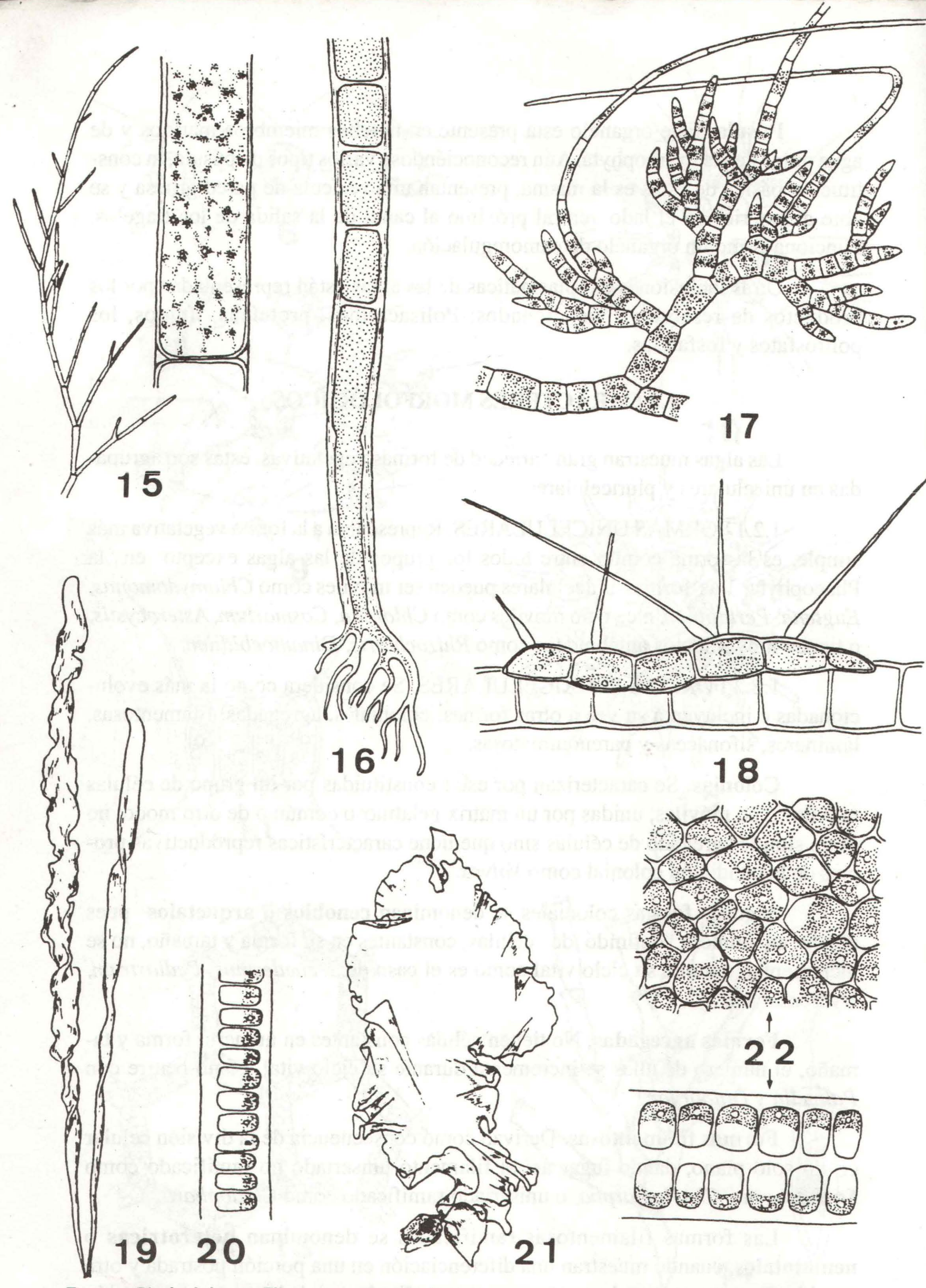
Colonias. Se caracterizan por estar constituidas por un grupo de células móviles o no móviles, unidas por un matrix gelatinoso común o de otro modo, no es un simple agregado de células sino que tiene características reproductivas propias de la condición colonial como *Volvox.*

Algunas formas coloniales se denominan **cenobios o arquetalos** pues tienen un número definido de células, constantes en su forma y tamaño, no se incrementan durante su ciclo vital como es el caso de *Scenedesmus, Pediastrum, Hydrodictyon.*

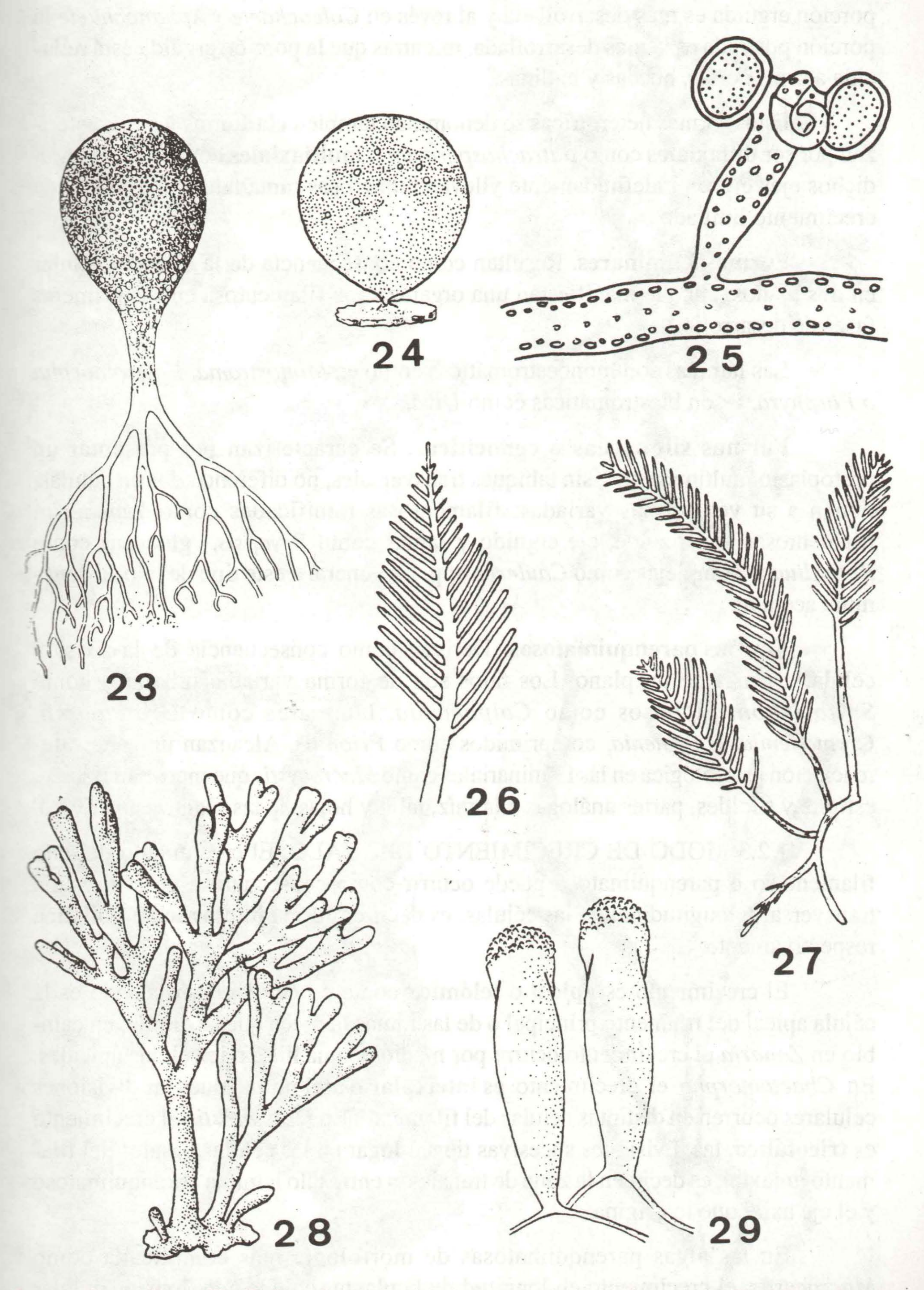
Formas agregadas, No tienen células constantes en número, forma y tamaño, el número de ellas se incrementa durante su ciclo vital, como ocurre con *Palmella y Dinobryon.*

Formas filamentosas. Derivan como consecuencia de la división celular en un solo plano, dando lugar así al filamento uniseriado no ramificado como *Stichococcus, Chaetomorpha,* o uniseriado ramificado como *Cladophora.*

Las formas filamentosas ramificadas se denominan **heterotricas** o **nematotalos**, cuando muestran una diferenciación en una porción postrada y otra erguida. Frecuentemente hay un mayor desarrollo de una de las partes en relación a la otra, así en *Stigeoclonium* la porción postrada está reducida, mientras que la



Formas Pluricelulares: Filamentos. **Fig.15** *Cladophora* porción de una célula y filamento uniseriado, ramificado. **Fig.16** *Chaetomorpha* célula basal y porción proximal del filamento. **Formas Heterótricas.** **Fig.17** *Chaetophora* porción terminal de la parte erguida. **Fig.18** *Aplanochaete* porción postrada más desarrollada. **Formas Laminares.** **Fig.19** *Enteromorpha* talo tubular. **Fig.20** Sección monostromática del talo. **Fig.21** *Ulva* morfología del talo. **Fig.22** *Ulva* vista superficial y sección transversal del talo biestromático.



Formas Cenocíticas. Fig.23 *Botrydium,* talo globular con un rizoide diferenciado. **Fig.24** *Valonia,* talo vesicular. **Fig.25** *Vaucheria,* porción del filamento cenocítico y rama fértil. **Fig.26** *Bryopsis,* extremo terminal ramificado del eje axial. **Fig.27** *Caulerpa,* detalle del talo cenocítico,parte postrada y ejes erguidos. **Figs.28 y 29** *Codium,* morfología general del talo y características de dos utrículos respectivamente.

porción erguida es más desarrollada y al revés en *Coleochaete y Aphanochaete* la porción postrada es la más desarrollada, mientras que la porción erguida está reducida a setas cortas, huecas y hialinas.

Estas formas heterotricas se denominan también **cladomas** y se caracterizan por ser **uniaxiales** como *Batrachospermum* o **multiaxiales** como *Myriogloea*, dichos ejes crecen indefinidamente yllevan numerosas rama laterales cortas y de crecimiento limitado.

Formas Laminares. Resultan como consecuencia de la división celular en dos planos, aunque manifiestan una organización filamentosa en sus primeras fases de desarrollo.

Las láminas son monoestromáticas como en *Monostroma, Enteromorpha o Porphyra,* o son biestromáticas como *Ulva.*

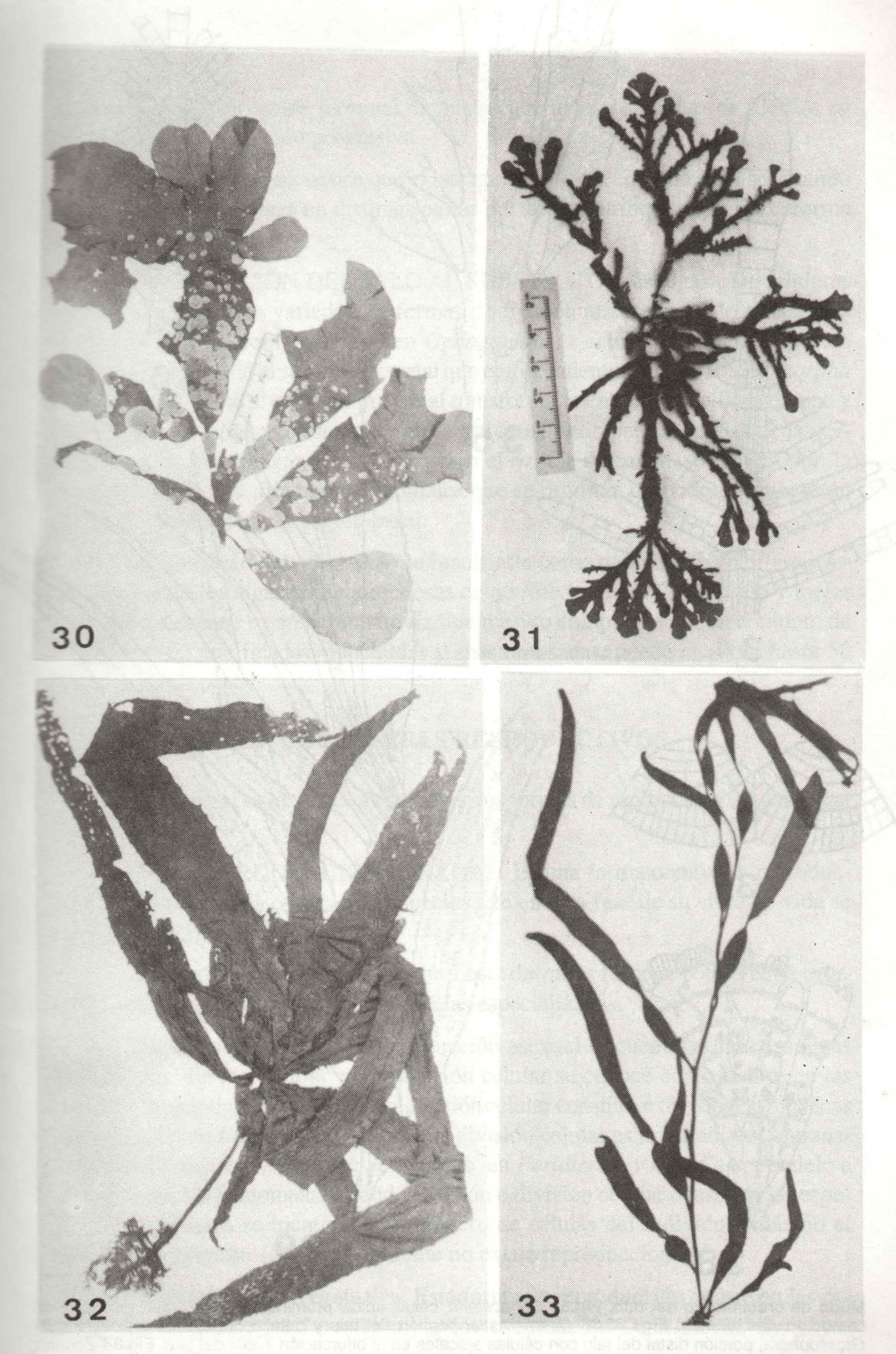
Formas sifonáceas o cenocíticas. Se caracterizan por presentar un protoplasto multinucleado, sin tabiques transversales, no diferenciados en células; tienen a su vez formas variadas: filamentosas ramificadas como *Vaucheria*, filamentosas con rizoide, eje erguido y ramas como *Bryopsis,* globosas como *Botrydium* y complejas como *Caulerpa* spp. En general a este tipo de talo se denomina acelular.

Formas parenquimatosas. Derivan como consecuencia de la división celular en más de un plano. Los talos son de forma variada: tubulares como *Scytosiphon*, globosos como *Colpomenia*, laminares como *Grateloupia, Cryptonemia, Halymenia,* comprimidos como *Prionitis*. Alcanzan una alta diferenciación morfológica en las Laminariales como *Macrocystis* que muestran rizoide, estípite y filoides, partes análogas a la raíz, tallo y hojas de las plantas superiores.

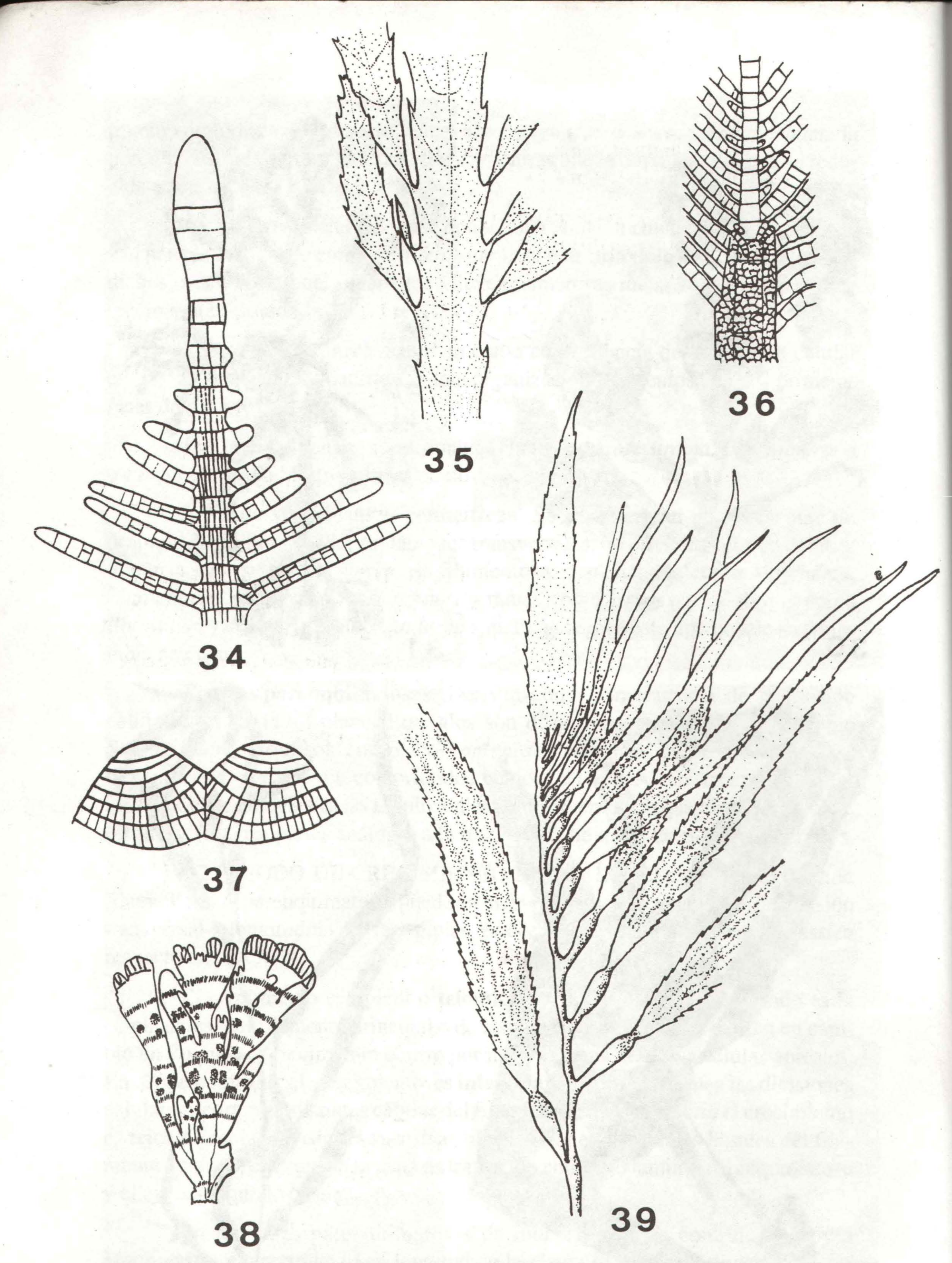
1.2.3 MODO DE CRECIMIENTO DEL TALO. El crecimiento del talo filamentoso o parenquimatoso puede ocurrir como consecuencia de la división transversal o longitudinal de las células, es decir en forma **haplostica** o **polistica** respectivamente.

El crecimiento es **apical** o **telómica** como en *Cladophora* cuando es la célula apical del filamento principal o de las ramas la única que se divide; en cambio en *Zonaria* el crecimiento ocurre por medio de una hilera de células apicales. En *Chaetomorpha* el crecimiento es **intercalar** o **atelómica**, pues las divisiones celulares ocurren en distintas células del filamento. En *Desmarestia* el crecimiento es **tricotálico**, las divisiones sucesivas tienen lugar en las células basales del filamento uniaxial, es decir, en la zona de transición entre talo laminar parenquimatoso y el eje axial que lo origina.

En las algas parenquimatosas de morfología más complicada como *Macrocystis*, el crecimiento en longitud de la planta se debe a la división celular intensa del **meristema intercalar** localizado en la zona de transición del estípite y



Formas Parenquimatosas. Fig.30 *Cryptonemia*, talo laminar. **Fig.31** *Laurencia*, talo comprimido. **Fig.32** *Eisenia*. **Fig.33** *Macrocystis*, talos diferenciados en rizoide, estípite y filoides.



Modo de crecimiento del talo. Fig.34 *Sphacelaria*, célula apical prominente en el eje principal así como en las ramas. **Figs.35,36** *Desmarestia*, porción del talo y detalle del eje monoaxial. **Fig.37** *Glossophora*, porción distal del talo con células apicales en la bifurcación inicial del talo. **Fig.38** *Zonaria*, hilera de células apicales. **Fig.39** *Macrocystis*, porción de un eje principal con la lámina terminal en cuya base se localiza el meristema intercalar responsable del crecimiento y diferenciación del talo.

la parte basal de la lámina terminal, la misma que muestra los nuevos filodios en proceso de diferenciación progresiva.

Finalmente se reconoce que existe también un crecimiento **difuso**, cuando la división celular ocurre en distintas partes del talo, contribuyendo así a la forma característica del talo.

1.2.4 FIJACIÓN DEL TALO AL SUBSTRATO. Las algas pluricelulares sésiles, muestran una variedad de formas de fijación al substrato, desde las más simples a las más complejas. Así en *Oedogonium* la célula basal tiene un disco lobulado de adhesión al substrato vegetal que epífita, mientras que en *Chaetomorpha* la célula basal tiene el extremo proximal transformado en un rizoide filamentoso y ramificado. En *Stigeoclonium* el rizoide está constituido por las células de la porción postrada. En *Bangia, Ulva y Porphyra* el rizoide discoidal se forma por la conjunción de los filamentos rizoidales que se originan individualmente en un conjunto de células de la región basal.

Progresivamente el rizoide se manifiesta como una parte bien diferenciada en las distintas algas parenquimatosas como *Rhodymemia flabellifolia* y mejor aún en *Macrocystis pyrifera* con un rizoide masivo compuesto por un conjunto de ramas teretes, ramificadas, ganchudas y anastomosadas; puede alcanzar hasta 50 kilogramos de peso.

1.3 CARACTERES REPRODUCTIVOS

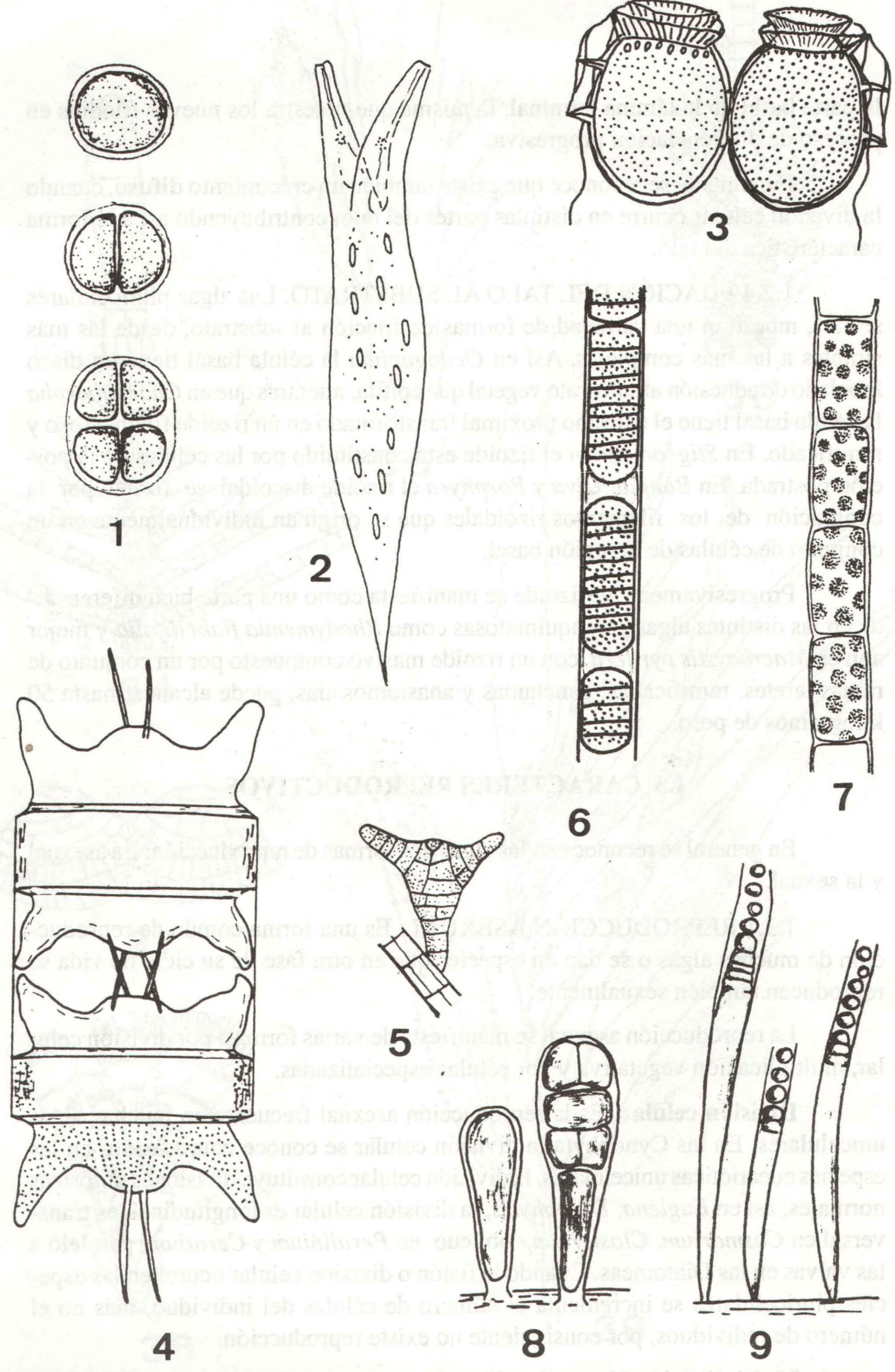
En general se reconoce en las algas dos formas de reproducción: La asexual y la sexual.

1.3.1 REPRODUCCIÓN ASEXUAL. Es una forma común de reproducción de muchas algas o se dan en especies que en otra fase de su ciclo de vida se reproducen también sexualmente.

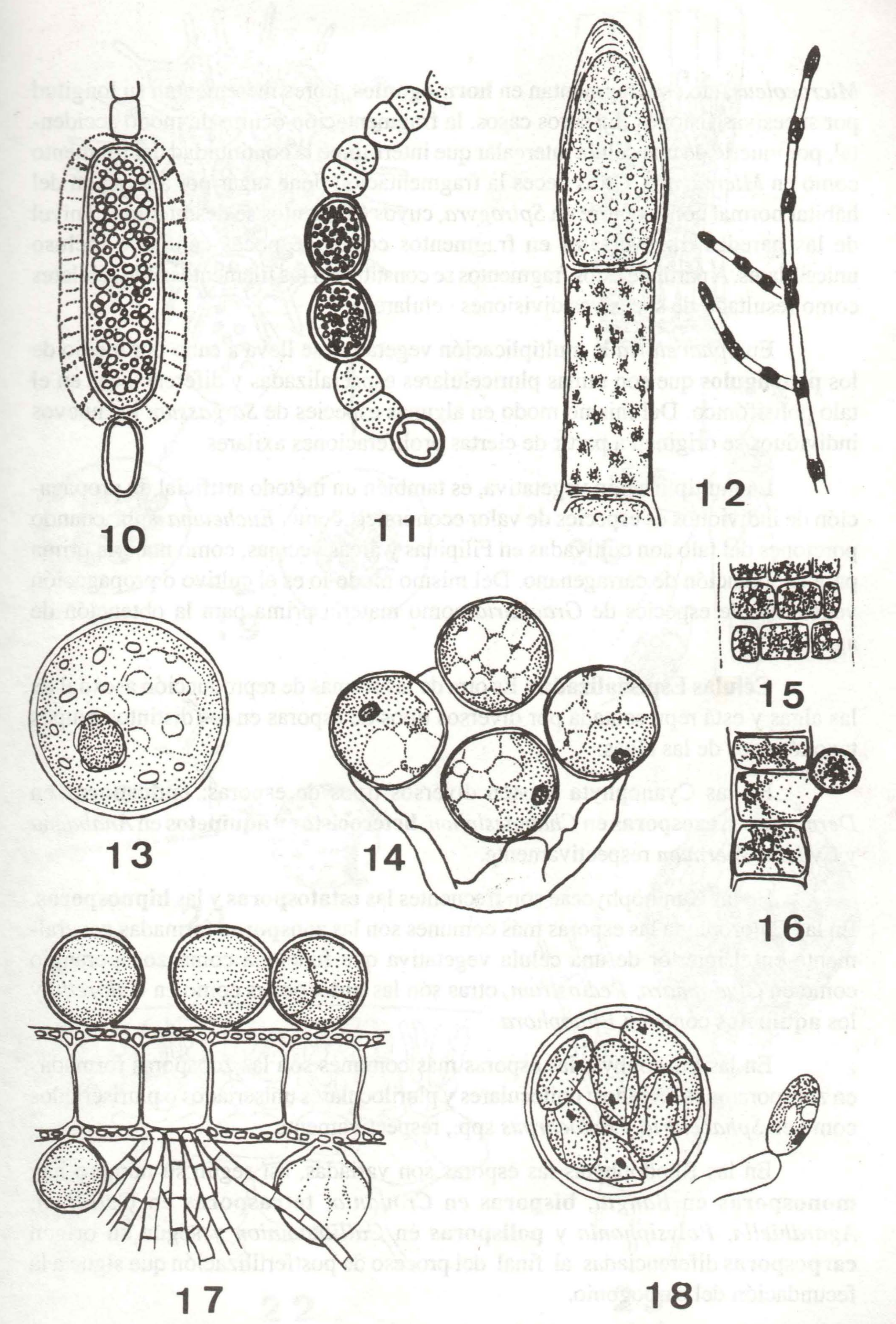
La reproducción asexual se manifiesta de varias formas: por división celular, multiplicación vegetativa y por células especializadas.

División celular. Es la reproducción asexual frecuente en muchas algas unicelulares. En las Cynophyta la división celular se conoce como **fisión**; en las especies eucarióticas unicelulares, la división celular constituye divisiones mitósicas normales, así en *Euglena, Dinophysis*, la división celular es longitudinal, es transversal en *Cosmarium, Closterium,* oblicuo en *Peridinium y Ceratium*, paralelo a las valvas en las Diatomeas. Cuando la fisión o división celular ocurre en las especies pluricelulares se incrementa el número de células del individuo, más no el número de individuos, por consiguiente no existe reproducción.

Multiplicación Vegetativa. Esta forma de reproducción ocurre en las especies pluricelulares, así por ejemplo los tricomas de *Oscillatoria, Lyngbya,*



Reproducción Asexual. División celular. Fig.1 *Chroococcus,* fases sucesivas de la fisión. **Fig.2** *Euglena,* individuo en división longitudinal inicial. **Fig.3** *Dynophysis,* dos individuos en la fase final de división. **Fig.4** *Odontella,* dos células hijas luego de la división celular. **Multiplicación Vegetativa. Fig.5** *Sphacelaria,* propágulo derivado de una rama vegetativa corta. **Fig.6** *Lyngbya,* porción de un filamento con hormogonios. **Fig.7** *Microspora sp.,* porción de un filamento. **Células Especializadas. Fig.8** *Dermocarpa,* endosporas. **Fig.9** *Chamaesiphon,* exosporas.



Células especializadas. Fig.10 *Cylindrospermum,* heterocisto y aquineto terminales. **Fig.11** *Anabaena,* porción de un tricoma con heterocisto y aquinetos intercalares. **Fig.12** *Pithophora,* filamento con aquinetos y detalle de un aquineto terminal. **Figs. 13 y 14** *Chlorella,* detalle de un individuo y de las autosporas. **Figs.15 y 16** *Bangia,* porción de un filamento pluriseriado y monosporas. **Fig.17** *Dictyota,* sección transversal del talo esporofítico con poros y aplanosporas. **Fig.18** *Chlorococcum,* un individuo con zoosporas.

Microcoleus, etc., se fragmentan en **hormogonios**, libres incrementan su longitud por sucesivas fisiones. En otros casos, la fragmentación ocurre de modo accidental, por muerte de una célula intercalar que interrumpe la continuidad del filamento como en *Microspora*. Otras veces la fragmentación tiene lugar por alteración del hábitat normal como ocurre en *Spirogyra*, cuyos filamentos se desintegran al nivel de las paredes transversales en fragmentos cortos de pocas células e incluso unicelulares. A partir de estos fragmentos se constituirán los filamentos pluricelulares como resultado de sucesivas divisiones celulares.

En *Sphacelaria* la multiplicación vegetativa se lleva a cabo por medio de los **propágulos** que son ramas pluricelulares especializadas y diferenciadas en el talo polisifónico. Del mismo modo en algunas especies de *Sargassum* los nuevos individuos se originan a partir de ciertas proliferaciones axilares.

La multiplicación vegetativa, es también un método artificial de propagación de individuos es especies de valor económico como *Eucheuma* spp. cuando porciones del talo son cultivadas en Filipinas y áreas vecinas, como materia prima para la obtención de carragenano. Del mismo modo lo es el cultivo o propagación vegetativa de especies de *Gracilaria* como materia prima para la obtención de agar.

Células Especializadas. Es otra de las formas de reproducción asexual de las algas y está representada por diversos tipos de esporas en los distintos grupos taxonómicos de las algas.

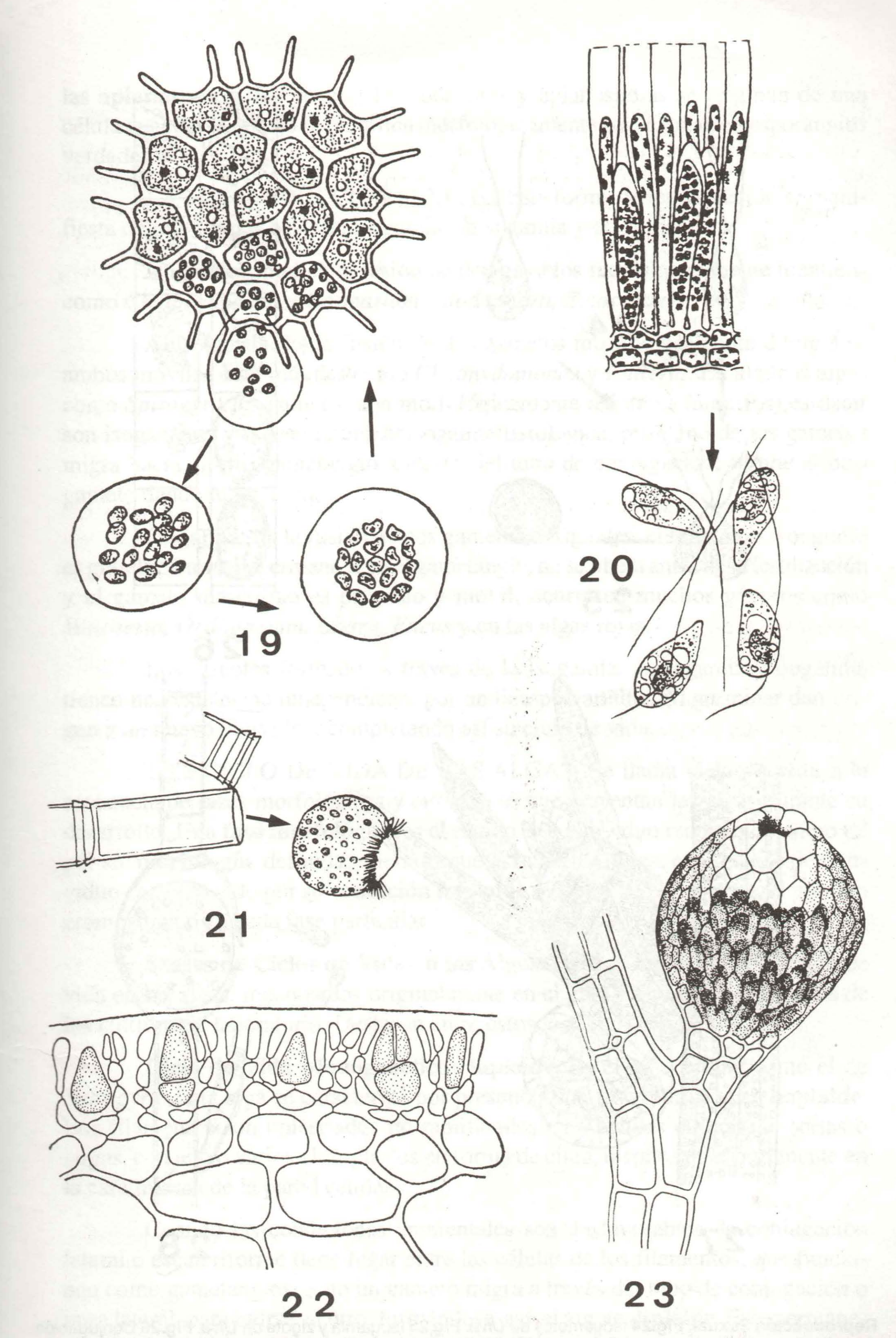
En las Cyanophyta existen diversos tipos de esporas: **endosporas** en *Dermocarpa*, **exosporas** en *Chamaesiphon*, **heterocistos** y **aquinetos** en *Anabaena y Cylindrospermum* respectivamente.

En las Xanthophyceae son frecuentes las **estatosporas** y las **hipnosporas**. En las Chlorophyta las esporas más comunes son las **zoosporas** formadas generalmente en el interior de una célula vegetativa que funciona como zoosporangio como en *Cladophora, Pediastrum*, otras son las **autosporas** como en *Chlorella* y los **aquinetos** como en *Pithophora*

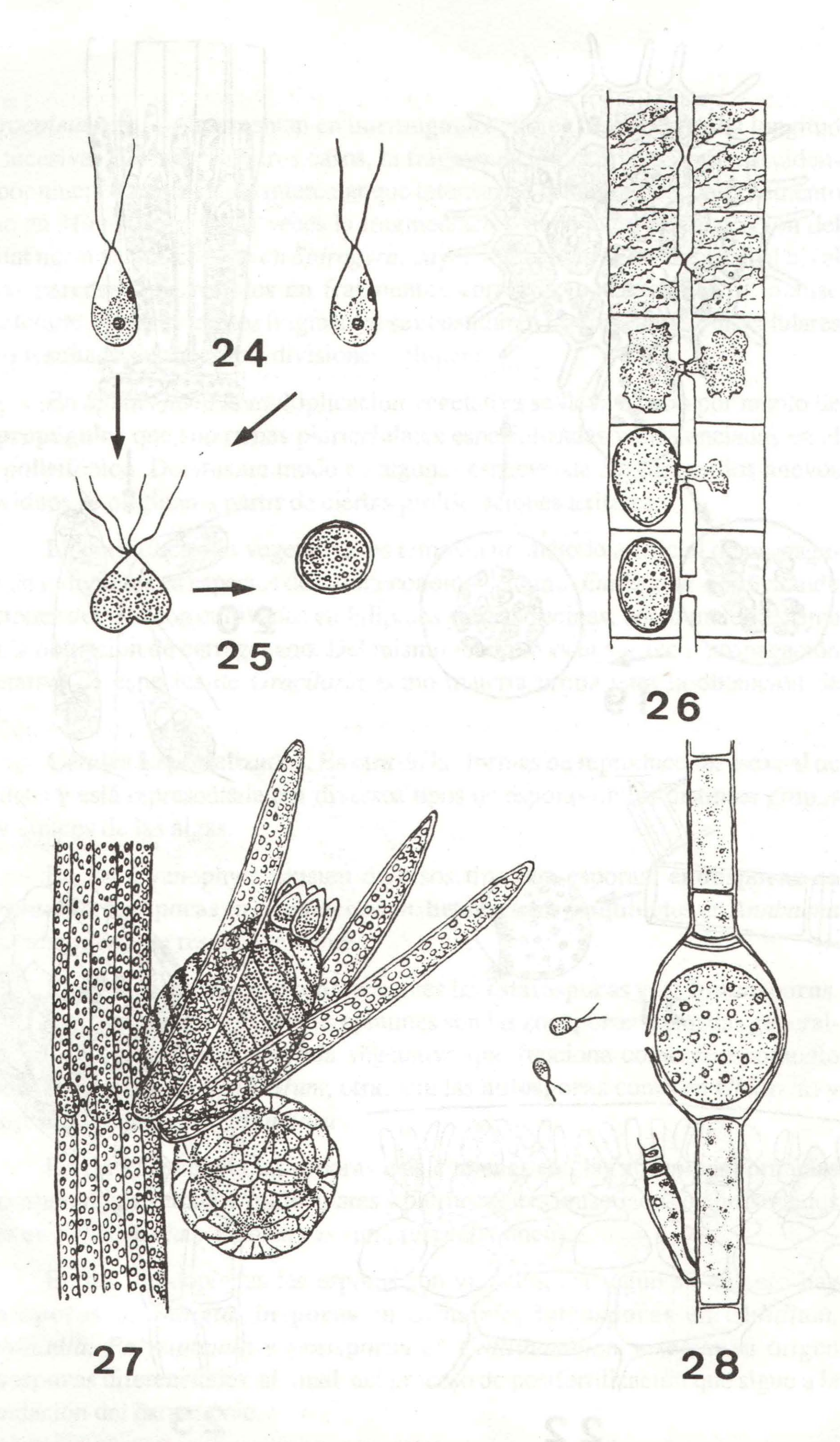
. En las Phaeophyta las esporas más comunes son las zoosporas formadas en zoosporangios variados: uniloculares y pluriloculares uniseriados o pluriseriados como en *Sphacelaria y Ectocarpus* spp., respectivamente.

En las Rhodophytas las esporas son variadas, así según su número hay **monosporas** en *Bangia*, **bisporas** en *Crouania*, **tetrasporas** en *Gelidium, Agardhiella, Polysiphonia* y **polisporas** en *Callithamnion* y según su origen **carposporas** diferenciadas al final del proceso de postfertilización que sigue a la fecundación del carpogonio.

Según su movilidad las esporas son móviles como las **zoosporas** presentes en todas las algas excepto en la Cyanophyta y Rhodophyta y no móviles como



Células especializadas. Fig.19 *Pediastrum,* varias células de un cenobio con zoosporas y formación de un nuevo cenobio. **Fig.20** *Macrocystis,* porción del esporófilo con esporangios y parafisis y zoosporas biflageladas libres. **Fig.21** *Oedogonium sp.* Liberación de una zoopora multiflagelada. **Fig.22** *Gracilaria,* sección transversal del talo con tetrasporangios cruciados. **Fig.23** *Polysiphonia,* cistocarpo y carposporas.



Reproducción Sexual. Fig.24 Isogametos de *Ulva*. **Fig.25** Isogamia y zigote de *Ulva*. **Fig.26** Conjugación de aplanogametos y zigotes en *Spirogyra*. **Fig.27** *Chara,*rama fértil con órganos sexuales: núcula y globo anteridial. **Fig.28** *Oedogonium,* oogonio, filamento nanandro y anterozoides.

las **aplanosporas**. En general las zoosporas y aplanosporas se originan de una célula vegetativa que no se modifica morfológicamente o se forman en esporangios verdaderos.

1.3.2 REPRODUCCIÓN SEXUAL. Esta forma de reproducción se manifiesta de tres formas básicas: isogamia, anisogamia y oogamia.

Isogamia. Implica la fusión de dos gametos morfológicamente idénticos como *Chlamydomonas; Cosmarium, Cladophora, Ectocarpus.*

Anisogamia. Es la fusión de dos gametos morfológicamente diferentes, ambos móviles o no móviles como *Chlamydomonas* y *Cutleria*. En algunas algas como *Spirogyra* los gametos son morfológicamente idénticos (amorfos) es decir son isogametos y muestran una anisogamia fisiológica, pues uno de los gametos migra hacia el otro gametangio a través del tubo de conjugación, se une al otro gameto dando lugar al zigote.

Oogamia. Es la fusión de dos gametos desiguales, el femenino u oogonio es grande e inmóvil, permanece en el gametangio, no se libera antes de la fertilización y el gameto masculino es pequeño y móvil, ocurre en muchos géneros como *Vaucheria, Oedogonium, Chara, Fucus* y en las algas rojas.

Los zigotes formados a través de la isogamia, anisogamia y oogamia, tienen una existencia independiente por un tiempo variable. Al germinar dan origen a un nuevo individuo, completando así su ciclo de vida.

1.3.3 CICLO DE VIDA DE LAS ALGAS. Se llama **ciclo de vida** a la secuencia de fases morfológicas y citológicas que presentan las algas durante su desarrollo. Una **fase morfológica** es el estado del individuo reconocido como tal por su **morfología** definida; mientras que la **fase citológica**, es el estado de individuo caracterizado por su **condición haploide o diploide**, es decir por el número cromosómico en cada fase particular.

Clases de Ciclos de Vida en las Algas. Existen varios tipos de ciclo de vida en las algas, reconocidos originalmente en el ambiente natural o a través de los cultivos de laboratorio. Destacan entre éstos los siguientes:

Ciclo de Vida Monogenético Haploide. Es el más simple como el de *Spirogyra*. Esta alga se caracteriza por presentar una fase morfológica **haploide**. Los filamentos son uniseriados no ramificados, con células cilíndricas cortas o largas, con uno o varios cloroplastos en forma de cinta, dispuestos espiralmente en la cara interna de la pared celular.

Cuando las condiciones ambientales son desfavorables, la conjugación lateral o escaleriforme tiene lugar entre las células de los filamentos, que funcionan como gametangios. Sólo un gameto migra a través del tubo de conjugación o poro lateral, para unirse al otro, formándose así el zigote **diploide**. Este permane-

ce en reposo por tiempo indefinido, protegido por su pared impermeable, cuando las condiciones son favorables, previa meiosis germina en un nuevo filamento unicelular, con idénticas características morfológicas de las células del filamento original. Este filamento unicelular se divide una vez y las células hijas sucesivamente hasta formar un filamento uniseriado característico.

Esta alga está representado por **una sola generación** el **gametofito haploide**.

Ciclo de Vida Monogenético Diploide. Este tipo de ciclo de vida se observa en algunas algas pardas como *Fucus*, cuya fase morfológica **diploide es el gametofito**, ya masculino o femenino. El talo de estos gametofitos es parenquimatoso, comprimido, angosto, con una nervadura central notoria, bifurcado irregularmente y en conjunto a modo de un abanico.

Durante el período de reproducción las ramas terminales se hinchan por la presencia de los **conceptáculos** que llevan los elementos sexuales. Las ramas fértiles se denominan **receptáculos**, masculinos o femeninos. Cada conceptáculo masculino o femenino es una cripta piriforme o esférica, tapizada por pelos hialinos. Entre estos pelos hialinos se diferencian los **espermatocitos** y los **oocistos**, éstos previa **meiosis** darán lugar a los **espermatozoides** y las **oósferas haploides** ambos.

Estos gametos se liberan a través del ostiolo del conceptáculo o por ruptura de la pared del mismo, se unen en una **oogamia** formando el zigote **diploide**. Este permanece en reposo cierto tiempo, luego germina, mostrando en primer lugar un rizoide hialino y después la parte erguida del talo. Este es el gametofito **diploide**.

Ciclo de Vida Digenético Haplodiploide. En este tipo de ciclo de vida se da una **alternancia de generaciones**, hay dos fases morfológicas: los **gametofitos haploides** y el **esporofito diploide**. Si ambas fases morfólogicas son similares se dice **Ciclo de vida digenético haplodiploide isomórfico** como en *Ulva* y si por el contrario ambas fases morfológicas son diferentes se dice **Ciclo de vida digenético haplodiploide hetermórfico** como en *Macrocystis*.

En *Ulva* los gametofitos **haploides** y **dioicos** son laminares biestromáticos. Cuando maduran las células vegetativas marginales se transforman en gametangios y originan a los **isogametos biflagelados haploides**, se unen en isogamia, dando lugar al zigote diploide. Este germina en un corto filamento que luego se transforma en un talo laminar biestromático conocido como el esporofito **diploide**, morfológicamente similar a los gametofitos. Las células marginales del esporofito, luego de un proceso de meiosis dan lugar a las **zoosporas cuadriflageladas haploides**, éstas, libres germinan en nuevos gametofitos haploides, cerrándose así el **Ciclo de vida digenético haplodiploide isomórfico.**

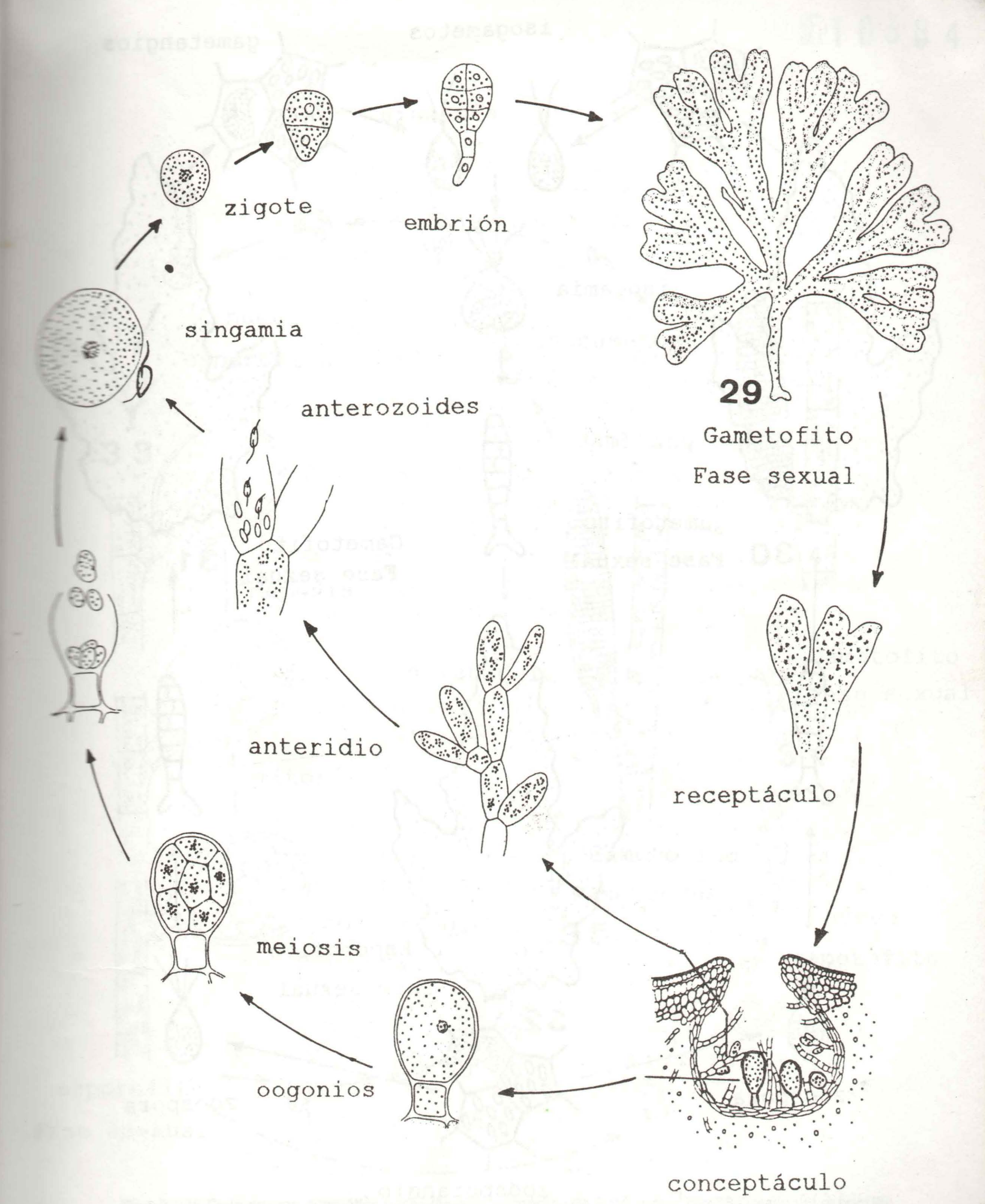
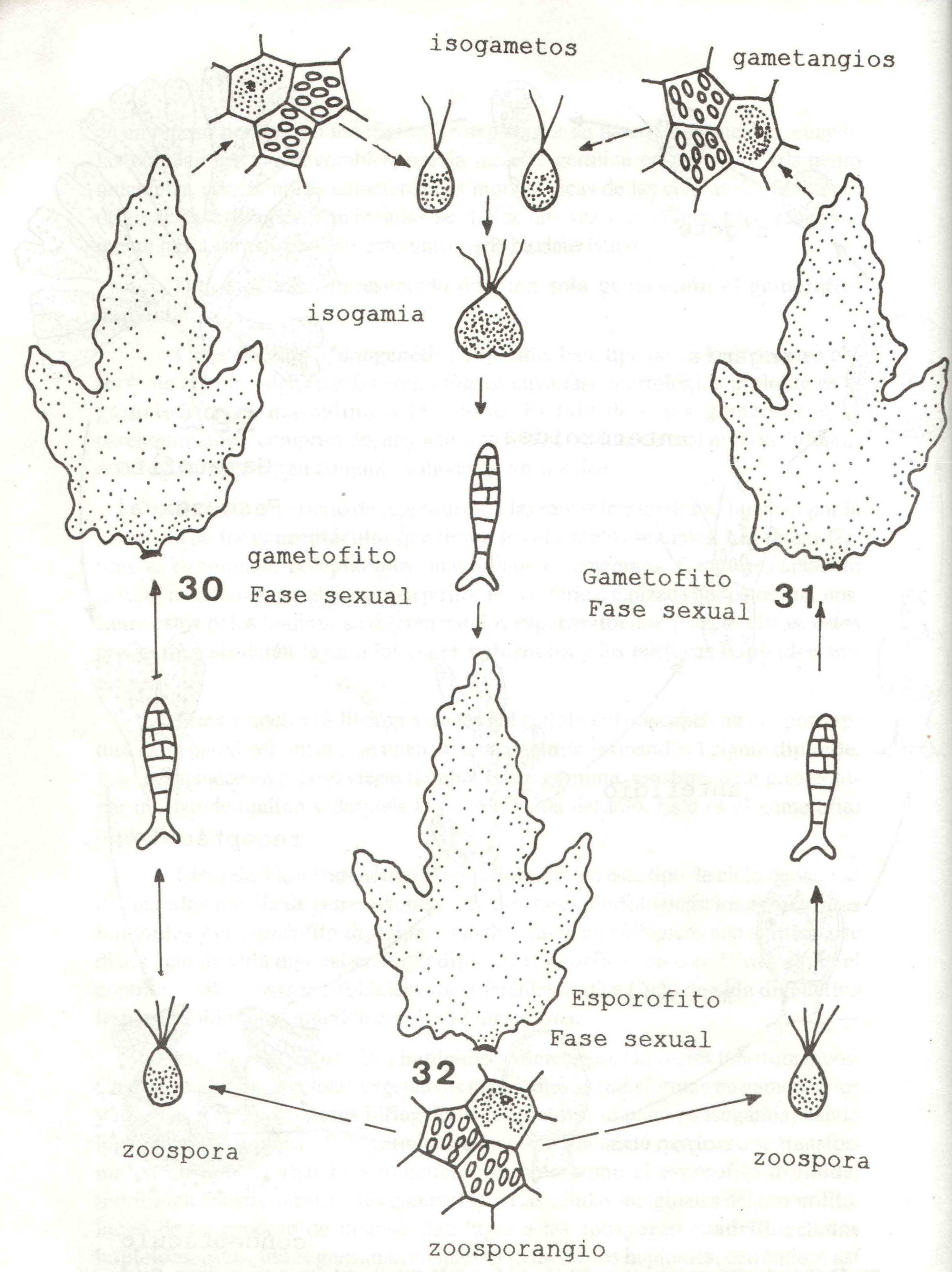
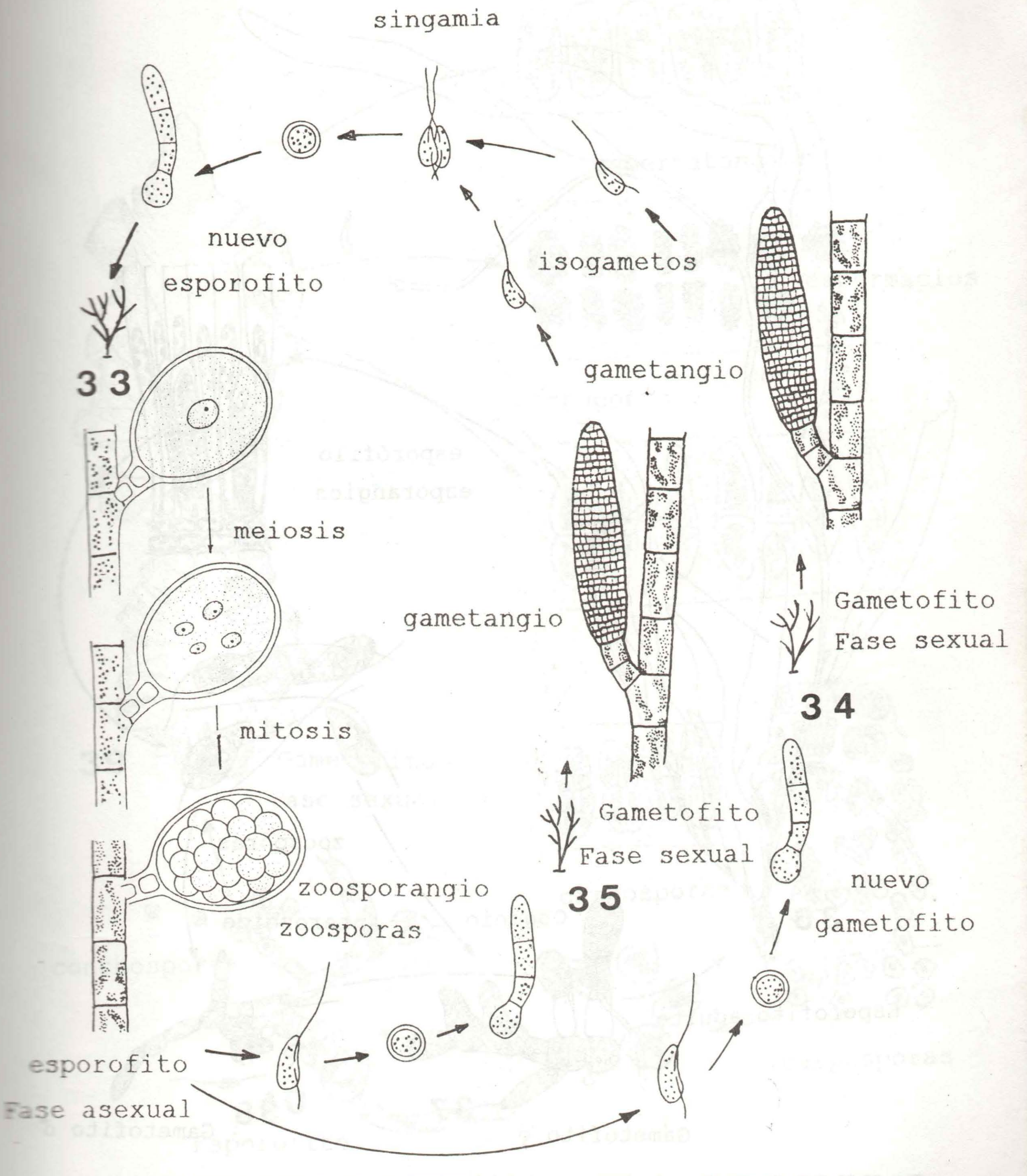


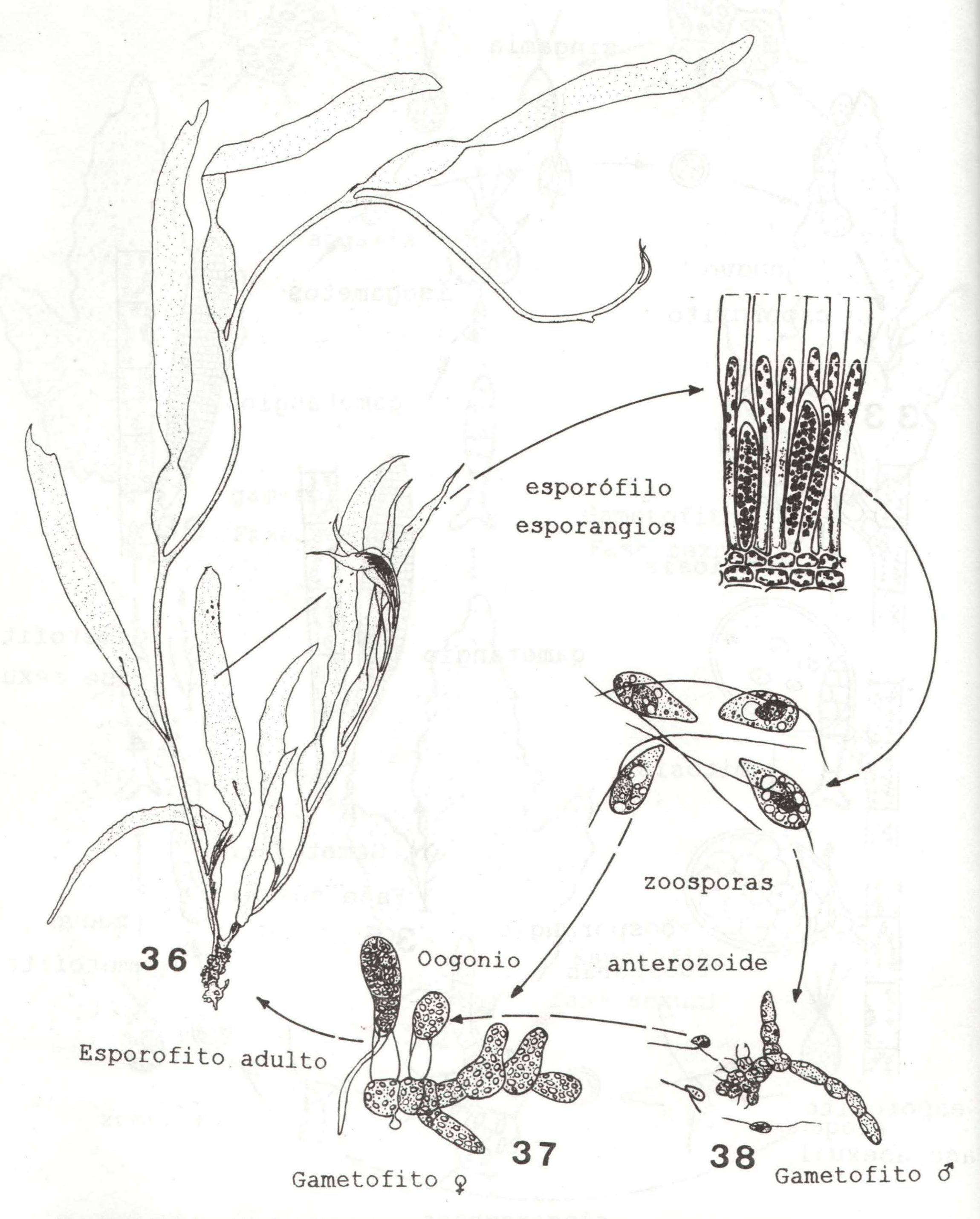
Fig.29 Ciclo de vida monogenético diploide de *Fucus:* Morfología del gametofito monoico. Detalle del receptáculo o rama fértil. Conceptáculo en sección longitudinal con las estructuras femeninas y masculinas. Desarrollo del oogonio y anteridio y diferenciación de la ovocélula y anterozoides. Oogamia y fases de diferenciación del nuevo talo.



Figs.30-32 Ciclo de vida digenético haplo-diploide isomórfico de *Ulva*. **Fig.30,31** Gametofitos dioicos, originan los gametangios con isogametos. Isogamia y desarrollo del esporofito juvenil. **Fig.32** Esporofito, originan los zoosporangios con zoosporas. Éstas dan lugar a los gametofitos juveniles.



Figs.33-35 Ciclo de vida digenético haplo-diploide isomórfico de *Ectocarpus*. **Fig.33** Detalle del esporofito y esporangio unilocular con zoosporas. **Figs.34,35** Gametofitos de similar morfología que el esporofito con gametangios pluriloculares, pluriseriados. Isogamia y origen del nuevo esporofito.



Figs.36-38 Ciclo de vida digenético haplo-diploide heteromórfico de *Macrocystis*. **Fig.36** Morfología del esporofito, con esporófilos basales. Sección transversal del esporófilo con esporangios y parafisis. **Figs.37,38** Gametofitos dioicos filamentosos microscópicos. Ovocélula y anterozoides y origen del nuevo esporofito.

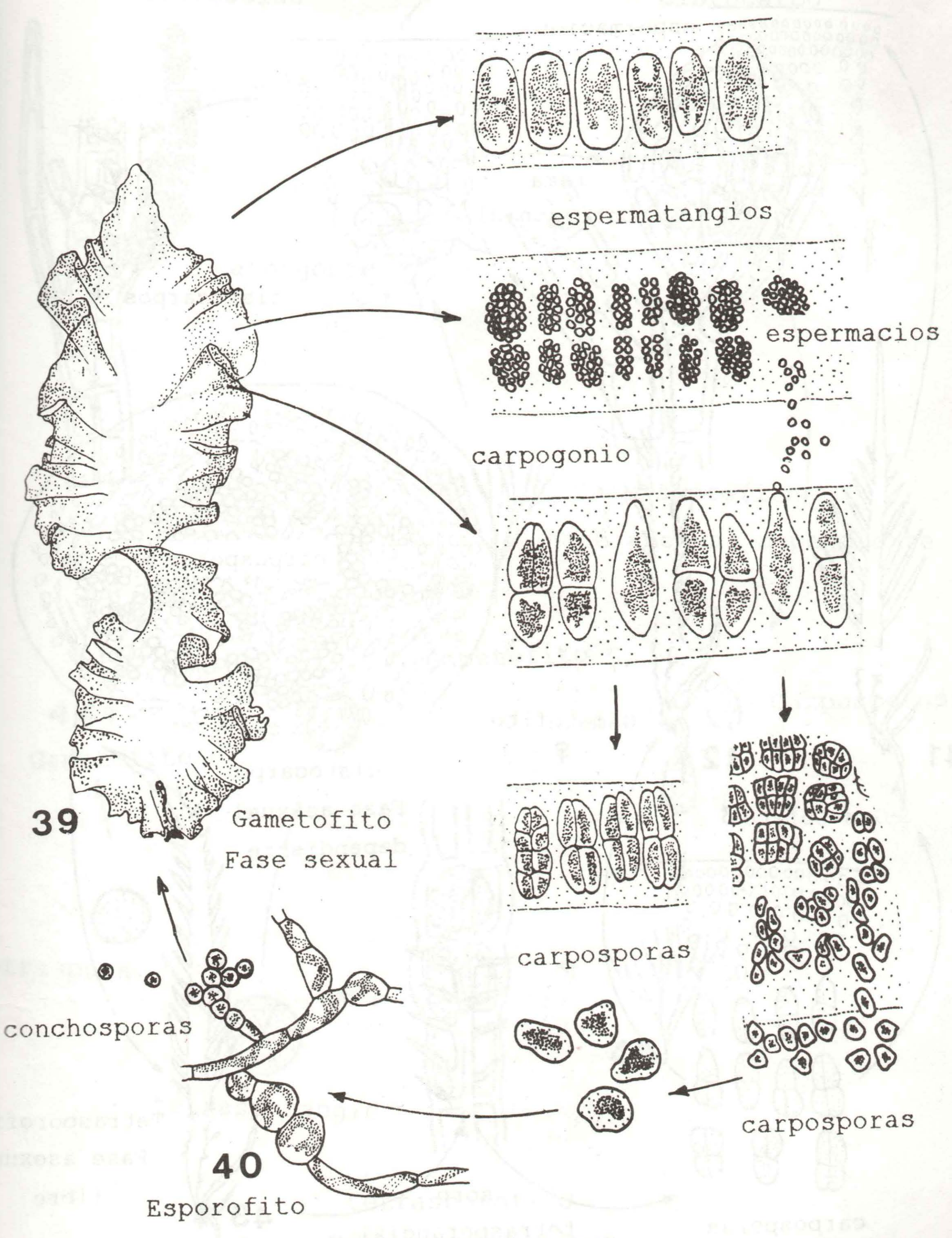
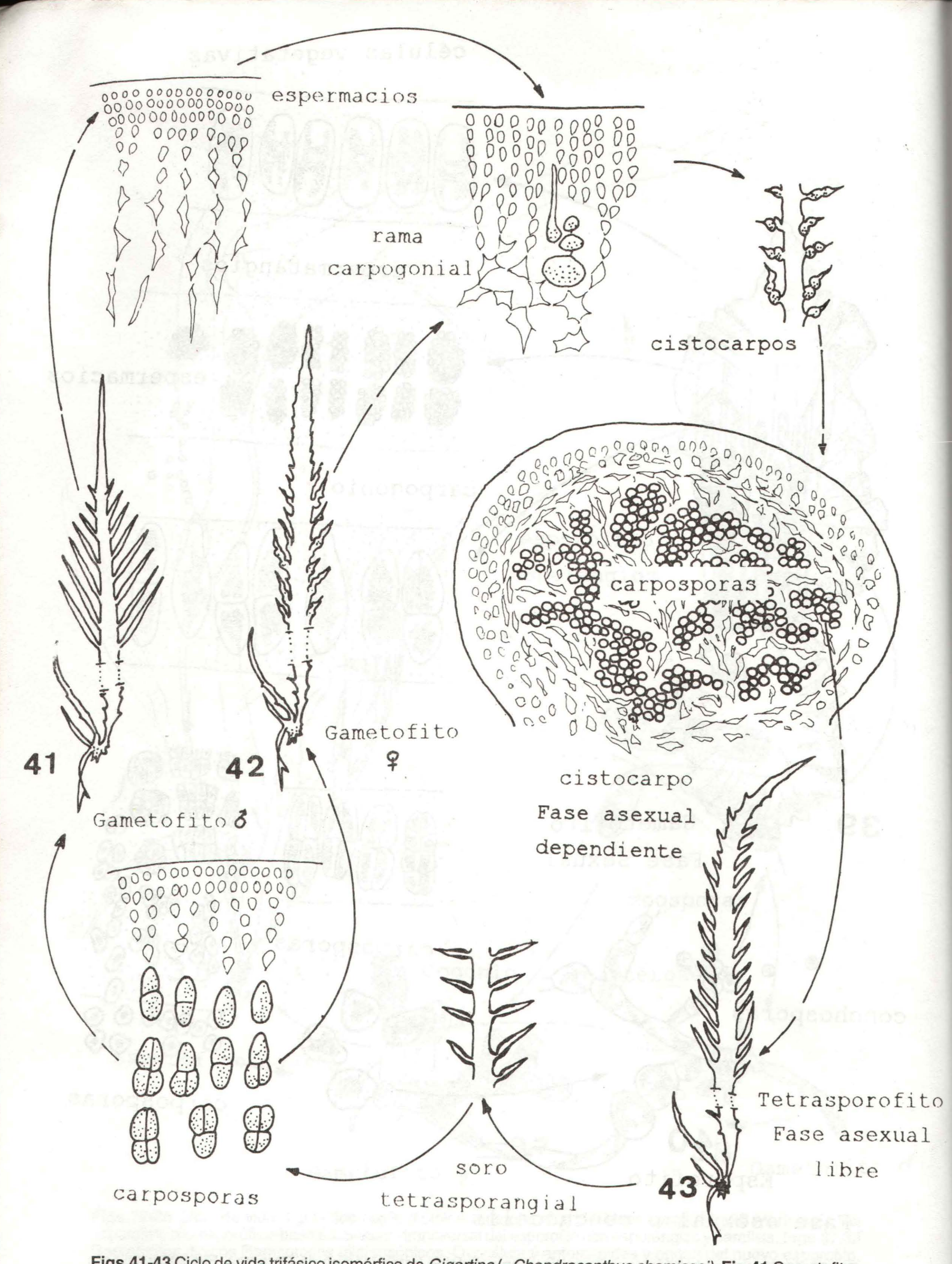
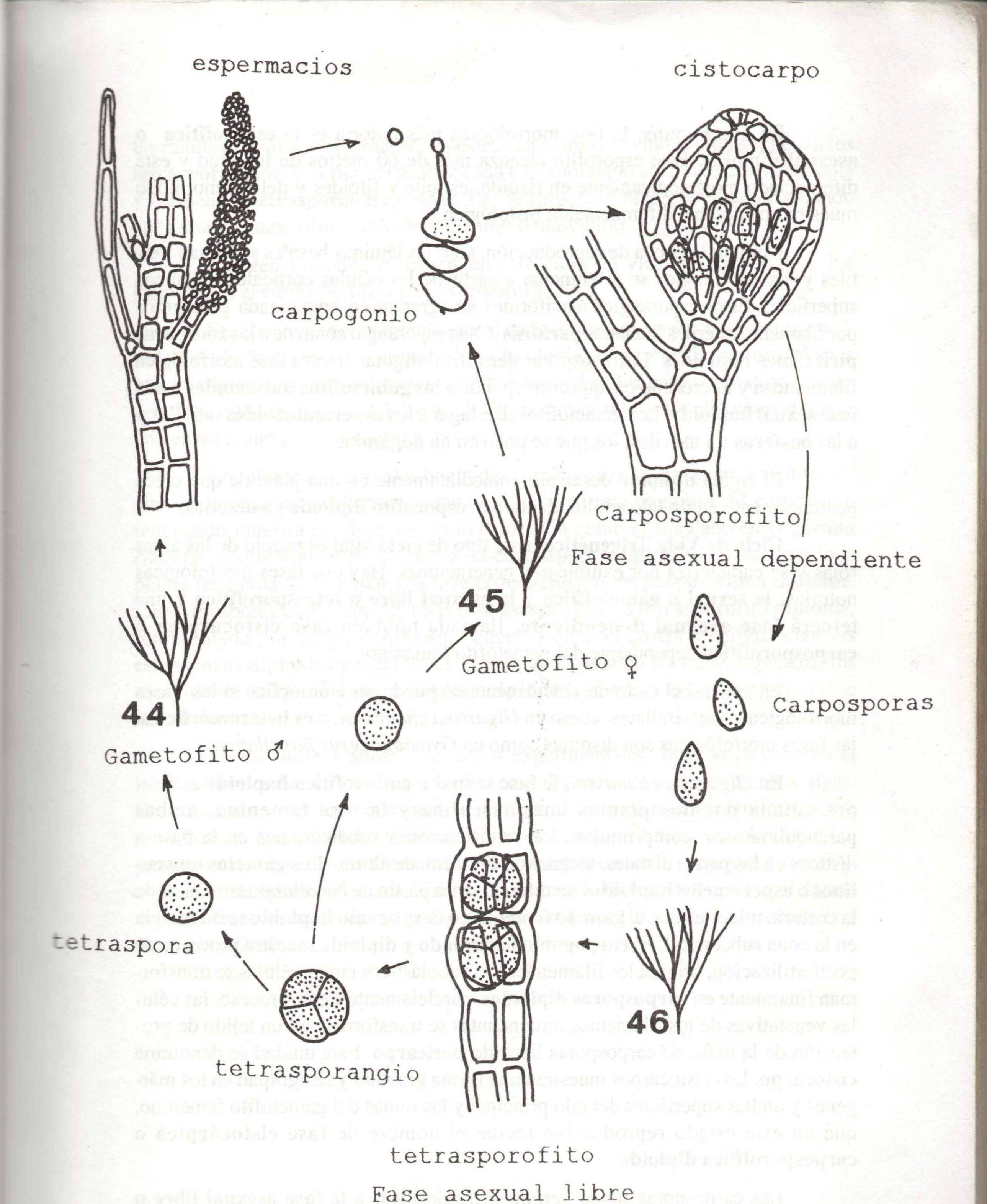


Fig.39-40 Ciclo de vida bifásico o digenético haplo-diploide heteromórfico de *Porphyra*. **Fig.39** Morfología laminar del gametofito monoico. Células vegetativas, espermacios, carpogonios y carposporas en sección transversal y vista superficial. **Fig.40** «Fase conchocelis» o esporofito libre, filamentoso, microscópico, conchosporas o monosporas.



Figs.41-43 Ciclo de vida trifásico isomórfico de *Gigartina* (=*Chondracanthus chamissoi*). **Fig.41** Gametofitos masculino y diferenciación de los anterozoides. **Fig.42** Gametofito femenino, carpogonio y posterior diferenciación del cistocarpo con carposporas que representan la fase asexual dependiente o carposporofito. **Fig.43** Tetrasporofito o fase asexual libre, tetrasporangios, tetrasporas y origen de los gametofitos.



Figs. 44-46 Ciclo de vida trigenético isomórfico de *Polysiphonia*. **Fig.44** Gametofito masculino y diferenciación de los espermacios. **Fig.45** Gametofito femenino,carpogonio y posterior diferenciación en planta cistocárpica o fase asexual dependiente. **Fig.46** Tetrasporofito, diferenciación de las tetrasporas y de los nuevos gametofitos.

En *Macrocystis*, la fase morfológica más notoria es la **esporofítica o asexual diploide**. Este esporofito alcanza más de 60 metros de longitud y está diferenciado morfológicamente en rizoide, estipite y filoides y del mismo modo muestra una notable diferenciación histológica.

Durante la época de reproducción, sólo las láminas basales se tornan fértiles y los esporangios se diferencian a partir de las células corticales en ambas superficies. Estos esporangios maciformes se agrupan en empalizada protegidos por filamento estériles llamados **parafisis**. Cada esporangio contiene a las **zoosporas piriformes haploides**. Las zoosporas germinan originando otra fase morfológica filamentosa y microscópica, que corresponde a los **gametofitos unisexuales** o a la **fase sexual haploide**. Los gametofitos dan lugar a los **espermatozoides** móviles y a las **oosferas** no móviles, los que se unen en un **oogamia**.

El zigote **diploide** desarrolla inmediatamente en una plántula que crece posteriormente en un talo adulto idéntico al **esporofito diploide** ya descrito.

Ciclo de Vida Trigenético. Este tipo de ciclo vital es propio de las algas rojas y se caracteriza por exhibir tres generaciones. Hay dos fases morfológicas notorias: la **sexual o gametofítica** y la **asexual libre o tetrasporofítica** y una tercera **fase asexual dependiente**, llamada también **fase cistocárpica o carposporofítica** dependiente del gametofito femenino.

En general el ciclo de vida trigenético puede ser **isomórfico** si las fases morfológicas son similares como en *Gigartina chamissoi*, o es **heteromórfico** si las fases morfológicas son distintas como en *Gymnogongrus furcellatus*.

En *Gigartina chamissoi*, la **fase sexual** o **gametofítica haploide** está representada por dos plantas una masculina y la otra femenina; ambas parenquimatosas, comprimidas, con ramificaciones subdicótomas en la base a dísticas en las partes distales, alcanza de 6-40 cm. de altura. Los **gametos masculinos o espermacios haploides** se diferencian a partir de las células terminales de la corteza, mientras que el **gameto femenino o carpogonio haploide** se diferencia en la zona subcortical. El **carpogonio fecundado y diploide** muestra procesos de postfertilización, origina los filamentos gonimoblásticos cuyas células se transforman finalmente en **carposporas diploides**, paralelamente a este proceso, las células vegetativas de los filamentos circundantes se transforman en un tejido de protección de la masa de carposporas llamado **pericarpo**. Esta unidad se denomina **cistocarpo**. Los cistocarpos muestran una forma globular y se agrupan en los márgenes y ambas superficies del talo principal y las ramas del gametofito femenino, que en este estado reproductivo recibe el nombre de **fase cistocárpica o carposporofítica diploide**.

Las carposporas libres germinan dando lugar a la **fase asexual libre o tetrasporofito diploide**, de morfología similar a los gametofitos. Los **soros tetrasporangiales** se diferencian de las células corticales en los bordes basales de

las ramitas de distintos órdenes, muestran un color rojo vinoso intenso, llevan los **tetrasporangios** en series verticales; cada tetrasporangio se divide cruciadamente y contiene 4 **tetrasporas haploides**. Las tetrasporas libres germinan originando cada una un gametofito haploide femenino o masculino.

Las generaciones sucesivas en este ciclo de vida trigenético son: los gametofito, el carposporofito y el tetrasporofito.

En *Gymnogongrus furcellatus* el ciclo de vida trigenético se manifiesta a través de la **fase sexual o gametofítico haploide**, representada por dos plantas macroscópicas, una masculina y la otra femenina de talos parenquimatosos, comprimidos muy angostos, de 4-15cm. de altura con ramificación dicotómica continua en un plano y en un conjunto corimboso.

Los elementos sexuales haploides espermacios y carpogonios se diferencian en las plantas respectivas y luego se unen en una **oogamia**. El carpogonio fecundado muestra procesos de postfertilización como el señalado en *Gigartina chamissoi* para originar finalmente a las **carposporas diploides**, en este estado la planta femenina representan a la **fase cistocárpica o carposporofítica diploide**. Las carposporas libres dan lugar a la **fase asexual libre o tetrasporofito diploide**, representada por un talo costroso, pequeño, en esta costra se diferencian las **tetrasporas diploides** y éstas libres germinan originando los nuevos gametofitos masculinos y femeninos, completándose así el ciclo de vida trigenético heteromórfico.

En los últimos años los estudios experimentales llevados a cabo en el laboratorio nos ha permitido conocer acerca del ciclo de vida de muchas algas. Estas informaciones han contribuido a reafirmar los conocimientos preliminares, a modificarlos o ampliarlos. En muchos casos han contribuido a la clasificación, pues se ha reconocido que algunas formas morfológicas no constituyen géneros y/o especies independientes, sinó, que son fases morfológicas del ciclo vital de una especie determinada, como los fueron los complejos *Porphyra-Conchocelis y Halicystis-Derbesia.*



2

CLASIFICACIÓN DE LAS ALGAS

La clasificación de las algas como parte del Reino Vegetal, ha tenido muchas modificaciones a través de los tiempos. Linneo (1753) en su obra **«Species Plantarum»** dio el nombre de **algas** a un grupo de plantas junto a otras correspondientes a los hongos, musgos y helechos, todas incluidas en la Clase 24: Criptógamas de su **Sistema Artificial de Clasificación**, basado en el carácter sexual. Reconoció 14 géneros de algas, de ellos sólo 4 géneros: *Conferva, Ulva, Fucus y Chara* correspondieron a las algas en la acepción correcta.

La primera delimitación del término **alga**, tal como la entendemos en el presente se debe a Jussieu (1789) quien en base a sus rasgos macroscópicos las incluyó en la Familia Algae de la clase 1: Acotiledone. Stackhouse (1795-1816) se apartó del criterio genérico establecido por Linneo y desmembró el género *Fucus* en 67 géneros distintos entre algas y otras plantas.

Mas tarde Lamouroux (1813) en su obra **«Essai sur les genres de la famille des thallassiophytes non articulées»** propuso un sistema de clasificación de las algas en Ordenes en base a sucoloración. C. Agardh (1824) y especialmente Harvey (1836) modificaron el sistema de Lamouroux y agruparon las algas en 3 Clases: Chlorospermae (algas verdes), Melanospermae (algas pardas) y Rhodospermae (algas rojas). Lamouroux y Harvey fueron los primeros en usar el carácter bioquímico en la clasificación de las plantas, pues establecieron el carácter de la pigmentación en la clasificación de las algas.

Pocos años más tarde, las algas azul-verdes llamadas Myxophyceae o Cyanophyceae, al igual que las algas verde-amarillentas o Xanthophyceae o Heterocotae fueron segregadas de las Chlorospermae. También las Diatomeas reconocidas como algas fueron incluidas en las Melanospermae o en otras Clases de las algas. Pocos botánicos de aquellos tiempos consideraron a los Dinoflagelados como algas; aún más, en tal época las formas unicelulares y coloniales móviles con excepción de *Chlamydomonas y Volvox* fueron considerados como miembros de la Clase Flagellatae del Phylum Protozoa bajo el exclusivo dominio de los zoólogos. Fue a partir de las contribuciones de Klebs (1883) que las formas flageladas pigmentadas se incorporaron progresivamente en las algas, en Clases de similar rango con otras de las algas. Entre los flagelados verdes reconocidos las Euglenophyceae representó a un grupo aislado, altamente especializado, sin vinculación definida con los otros organismos móviles.

Unger (1838) en su sistema de clasificación, creó el término **Thallophyta** para agrupar a las algas, hongos y líquenes, vegetales con organización talosa, no diferenciada en raíz, tallo y hojas. Tal denominación fue confirmada por Endlicher (1840) y posteriormente generalizada por Engler y Gilg (1887-1909) en su obra «**Syllabus derplanzenfamilien**».

Eichler (1886) adoptó dicha clasificación y consideró al Reino Vegetal integrado por 4 Divisiones: Thallophyta, Bryophyta, Pteridophyta y Spermatophyta.

Posteriormente el término Thallophyta fue dejado de lado por ser confuso, por referirse a plantas no diferenciadas en raíz, tallos y hojas. Su aplicación no fue amplia en relación con las algas, porque existen algunos grupos como las Laminariales diferenciadas vegetativamente en rizoide, estípite o cauloide y filoides, es decir en estructuras análogas a la raíz, tallo y hojas de las plantas superiores. existiendo por otro lado entre las Bryophyta grupos de hepáticas talosas.

Además de las diferencias vegetativas existe una clara diferencia entre las Thallophyta y los otros grupos de las plantas en relación a las estructura reproductiva; así en las Thallophyta los órganos sexuales y esporangios son unicelulares y si son pluricelulares como en las algas pardas todas son fértiles, el zigote no desarrolla en embrión multicelular mientras no es liberado. En las Bryophyta y otros grupos de plantas progresivamente más evolucionadas los órganos sexuales y esporangios son pluricelulares, siendo las células externas estériles y el zigote desarrolla en embrión multicelular aún no liberado.

Las discusiones que surgieron al respecto mostraron que la División Thallophyta es artificial y no natural; reconociéndose posteriormente más Divisiones luego de una delimitación más precisa de los caracteres más comunes en cada uno de los grupos sin dejar de lado sus rasgos evolutivos y relaciones genéticas y fenéticas.

2.1 DIVISIONES Y CLASES DE LAS ALGAS

La clasificación de las algas en su conjunto o como grupos particulares, muestra un carácter cambiante y dinámico a través de los tiempos hasta el presente. Varias son las razones de este interés por la Clasificación. Debemos reconocer que estas plantas son las más primitivas del Reino Vegetal, pues su aparición data de hace 3 billones de años en el Precámbrico, su diversidad es tan grande y abarca desde formas unicelulares aparentemente simples a formar complejas y como organismos que nos permite conocer mejor diversos aspectos biológicos relacionados con la estructura y función del núcleo, cloroplastos y otras inclusiones, así como de los procesos diversos de reproducción.

En los Sistemas modernos de clasificación, las algas comprenden más de la mitad de las Divisiones del Reino Vegetal o están representadas por cerca de 20 Clases correspondientes a tres Reinos Plantae, Chromista y Protozoa. Se estima que se conoce más de 36 000 especies de algas eucarióticas que representan el 17% del total de plantas conocidas hasta el presente (Tablas 1.1, 1.2) según John (1994).

Tabla 1.1. Total de algas conocidas hasta el presente.

GRUPO TAXONÓMICO	NÚMERO DE ESPECIES CONOCIDAS		
REINO PLANTAE			
SUBREINO VIRIPLANTAE (Todas las plantas verdes)			
Chlorophyta (=Algas Verdes)			
Chlorophyceae	2,500		
Prasinophyceae	120		
Ulvophyceae	1,100		
Charophyceae	10,472	-	12,512
REINO BILIPHYTA			
Rhodophyceae	2,500		6,000
Glaucophycocystophyceae	13		
REINO CHROMISTA			
Chromophyta (sensu lato)			
Bacillariophyceae	10,000		
Bicocecophyceae	45		
Chrysophyceae	1,000		
Cryptophyceae	200		
Eustigmatophyceae	12		
Fucophyceae	900	-	1,500
Haptophyceae	500		
Raphidophyceae	27		

Synurophyceae	135 - 250	
Tribophyceae (Xanthophyceae)	600	
REINO PROTOZOA		
Euglenophyceae	650	- 1,050
Dinophyceae	2,000	
Chlorarchnidaceae	3 - 4	

Tabla 1.2. Comparación del total de algas conocidas y porcentaje en relación con grupos selectos de organismos.

GRUPO TAXONÓMICO	NÚMERO DE ESPECIES CONOCIDAS	PORCENTAJE
Plantas vasculares	220,000	81
Bryophytas	17,000	68
Hongos	69,000	5
Protoctista (Protozoa, excluyendo algas y hongos protoctistas)	30,000	31
Algas eucarióticas	36,238	17
Bacterias (incluyendo cianobacterias)	3,000	10
Virus (incluyendo plásmidos y fagos)	5,000	4

Esta enorme desproporción refleja que las algas muestran una gran diversidad vegetativa, reproductiva y de hábitat en relación a los grupos restantes de las plantas. Su clasificación está determinada por una serie de caracteres estables como los siguientes:

- Naturaleza de los pigmentos fotosintéticos
- Productos metabólicos de reserva
- Naturaleza físico-químico de la pared celular
- Morfología, número y posición de los flagelos
- Núcleo, reproducción y ciclo de vida
- Hábitat

Cada uno de estos caracteres se describen separadamente y con amplitud en los capítulos que siguen. La combinación de varios caracteres y no sólo de uno delimitan los correspondientes a las Divisiones y las Clases de las algas y la clasificación de todas las conocidas hasta el presente. La Sistemática moderna sintetiza todas las informaciones aportadas por las distintas ramas de la botánica y por otras

disciplinas: morfología, citología, ultraestructura, fisiología, cultivos, bioquímica genética, biología molecular,ecología.

Se ha establecido que la categoría superior del Reino Vegetal se denomine División -aún cuando en el XV Congreso Internacional de Botánica llevado a cabo en Yokohama, Japón en 1993 se aprobara el uso del término Phylum como alternativo de División- basado en el carácter distintivo del grupo y con la terminación en el sufijo **phyta**. El nombre de las Clases se forma de modo similar y termina en el sufijo **phyceae**. Así Chlorophyta corresponde a una División del Reino Vegetal y Chlorophyceae es una Clase de las algas (Art.16A.1, 16A.3).

Papenfuss (1946) sugirió la combinación de ambos sufijos para una mejor caracterización de las Divisiones de las algas transformando el sufijo de las Clases en prefijo **phyco**, resultando de este modo denominaciones como: Chloro**phyco**phyta, Phaeo**phyco**phyta, Rhodo**phyco**phyta, etc., en lugar de Chlorophyta, Phaeophyta, Rhodophyta respectivamente. Algunos autores como Bold y Wynne (1978) adoptaron las denominaciones propuestas por Papenfuss, mientras que otros siguen la denominación tradicional, corta y más difundida, como también lo hacemos en esta ocasión.

Finalmente debemos señalar que la Clasificación de las algas en Divisiones y Clases son diversas según los diferentes autores: Smith (1955), Papenfuss (1955), Christensen (1962, 1994), Morris(1967) Round (1973), Chapman and Chapman (1977), Trainor (1978), Lee (1980) Silva (1980), Parker (1982) y Bold & Wynne (1985) y van den Hoek, Ch.et al. (1995)

Smith (1955)	**Papenfuss** (1955)	**Christensen** (1962)
Cyanophyta	Schizophycophyta	Cyanophyta
Myxophyceae	Schizophyceae	Cyanophyceae
Chlorophyta	Chlorophycophyta	Chlorophyta
Chlorophyceae	Chlorophyceae	Chlorophyceae
Charophycea	Charophycophyta	Euglenophyceae
Chrysophyta	Charophyceae	Loxophyceae
Chrysophyceae	Chrysophycophyta	Prasinophyceae
Xanthophyceae	Chrysophyceae	Chromophyta
Bacillariophyceae	Xanthophyceae	Xanthophyceae
Cryptophyceae	Bacillariophyceae	Chrysophyceae
Pyrrophyta	Cryptophyceae	Bacillariophyceae
Desmophyceae	Pyrrhophycophyta	Cryptophyceae
Dinophyceae	Dinophyceae	Dinophyceae
Phaeophyta	Chloromonadophyceae	Raphidophyceae
Phaeophyceae	Phaeophycophyta	Haptophyceae
Euglenophyta	Phaeophyceae	Craspedophyceae
Euglenophyceae	Euglenophycophyta	Phaeophyceae
Rhodophyta	Euglenophyceae	Rhodophyta
Rhodophyceae	Rhodophycophyta	Rhodophyceae
	Rhodophyceae	

Morris (1967)

- Cyanophyta
  - Cyanophyceae
- Chlorophyta
  - Chlorophyceae
  - Charophyceae
- Xanthophyta
  - Xanthophyceae
- Chrysophyta
  - Chrysophyceae
  - Haptophyceae
- Bacillariophyta
  - Bacillariophyceae
- Pyrrophyta
  - Desmophyceae
  - Dinophyceae
- Cryptophyta
  - Cryptophyceae
- Euglenophyt
  - Euglenophyceae
- Phaeophyta
  - Phaeophyceae
- Rhodophyta
  - Rhodophyceae

Round (1973)

- Cyanophyta
  - Cyanophyceae
- Chlorophyta
  - Chlorophyceae
  - Bryopsophyceae
  - Zygophyceae
  - Oedogoniophyceae
- Charophyta
  - Charophyceae
- Prasinophyta
  - Prasinophyceae
- Euglenophyta
  - Euglenophyceae
- Xanthophyta
  - Xanthophyceae
- Chrysophyta
  - Chrysophyceae
- Haptophyta
  - Haptophyceae
- Bacillariophyta
  - Centrobacillariophyceae
  - Pennatobacillariophyceae
- Dinophyta
  - Desmophyceae
  - Dinophyceae
  - Eustigmatophyceae
- Phaeophyta
  - Phaeophyceae
- Rhodophyta
  - Rhodophyceae
- Cryptophyta
  - Cryptophyceae

Chapman y Chapman(1977)

- Cyanophyta
  - Cyanophyceae
- Chlorophyta
  - Chlorophyceae
  - Prasinophyceae
  - Charophyceae
- Euglenophyta
  - Euglenophyceae
- Chloromonadophyta
  - Chloromonadophyceae
- Xanthophyta
  - Xanthophyceae
- Cryptophyta
  - Cryptophyceae
- Pyrrhophyta
  - Desmophyceae
  - Dinophyceae
- Chrysophyta
  - Chrysophyceae
  - Haptophyceae
- Bacillariophyta
  - Bacillariophyceae
- Phaeophyta
  - Phaeophyceae
- Rhodophyta
  - Rhodophyceae

Trainor (1978)

- Cyanophyta
  - Cyanophyceae
- Chlorophyta
  - Chlorophyceae
  - Charophyceae
  - Euglenophyceae
- Chromophyta
  - Chrysophyceae
  - Xanthophyceae
  - Bacillariophyceae
  - Phaeophyceae
  - Haptophyceae
  - Eustigmatophyceae
  - Dinophyceae
- Cryptophyta
- Cryptophyceae
- Rhodophyta
  - Rhodophyceae

Silva (1980)

- Cyanophyceae
- Prochlorophyceae
- Chlorophyceae
- Prasinophyceae
- Charophyceae
- Euglenophyceae
- Chrysophyceae
  - Haptophyceae
- Xanthophyceae
- Eustigmatophyceae
- Bacillariophyceae
- Dictyochophyceae
- Dinophyceae
- Phaeophyceae
- Raphidophyceae
- Cryptophyceae
- Rhodophyceae
- Craspedophyceae

Lee (1980)

- Cyanophyta
  - Cyanophyceae
- Chlorophyta
- Chlorophyceae
- Charophyta
  - Charophyceae
- Chromophyta
    - Chrysophyceae
  - Xanthophyceae
  - Bacillariophyceae
  - Phaeophyceae
  - Eustigmatophyceae
  - Dinophyceae
  - Euglenophyceae
  - Prymnesiophyceae
  - Raphidophyceae
  - Cryptophyceae
- Rhodophyta

- Haptophyceae
- Bodonophyceae
- Ebriophyceae
- Ellobiophyceae
- Trichomonadophyceae
- Trypanosomatophyceae
- Hexamitophyceae

- Rhodophyceae
- Glaucophyta

Parker(1982)

- Cyanophycota
- Prochlorophycota
- Rhodophycota
    - Rhodophyceae
- Chromophycota
    - Chrysophyceae
    - Prymesiophyceae
    - Xantophyceae
    - Eustigmatophyceae
    - Bacillariophyceae
    - Dinophyceae
    - Phaeophyceae
    - Raphidophyceae
    - Cryptophyceae
- Euglenophycota
    - Euglenophyceae
- Chrolophycota
    - Chrolophyceae
    - Charophyceae
    - Prasinophyceae

Bold & Wynne(1985)

- Cyanophyta
    - Cyanophyceae
- Prochlorophyta
    - Prochlorophyceae
- Chlrophyta
    - Chlorophyceae
- Charophyta
    - Charophyceae
- Euglenophyta
    - Euglenophyceae
- Phaeophyta
    - Phaeophyceae
- Chrysophyta
    - Chrysophyceae
    - Prymnesiophyceae
    - Xantophyceae
    - Eustigmatophyceae
    - Raphidophyceae
    - Bacillariophyceae
- Pyrrhophyta
    - Ebriophyceae
    - Ellobiophyceae
    - Syndiniophyceae
    - Dinophyceae
    - Desmophyceae
- Rhodophyta
    - Rhodophyceae
- Cryptophyta

Christensen (1994)

- Procariotic Algae
- (Blue green Algae)
- Eucariotic Algae
- Aconta
    - Rhodophyta
    - Contophora
    - Chromophyta
        - Cryptophyceae
        - Dinophyceae
        - Chrysophyceae
        - Fucophyceae
            - Diatomophyceae
        - Tribophyceae
        - Eustigmatophyceae
        - Prymnesiophyceae
        - Glaucocystophyceae
    - Chlorophyta
        - Prasinophyceae
        - Pedinophyceae
        - Charophyceae
        - Chlorophyceae
    - Euglenophyta
        - Euglenophyceae
    - Chlorarachniophyta
        - Chlorarachniophyta

van den Hoek,Ch. et al. (1995)

- Cyanophyta (= Cyanobacteria)
- Prochlorophyta
- Glaucophyta
- Rhodophyta
- Heterokontophyta
    - Chrysophyceae
    - Parmophyceae
    - Sarcinochrysidophyceae
    - Xantophyceae
    - Eustigmatophyceae
    - Bacillariophyceae (=Diatomophyceae)
    - Raphidophyceae
    - Distyochophyceae

Phaeophyceae
Haptophyta (=Prymnesiophyta)
Cryptophyta
Dinophyta
Euglenophyta
Chlorarachniophyta
Chlorophyta
  Prasinophlyceae
  Chlorophyceae
  Ulvophyceae
  Cladophorophyceae
  Bryopsidophyceae
  Dasycladophyceae
  Trentepohliophyceae
  Pleurastrophyceae
  Zygnematophyceae
  Klebsormidiophyceae
  Charophyceae

Estas clasificaciones tienen el carácter subjetivo y temporal según el énfasis que cada autor da a un carácter en particular y están sujetas a continuas modificaciones en estrecha relación con los avances de la ciencia o las dificultades relacionadas con el origen polifilético de las diversas algas y el registro fósil escaso de muchos grupos.

Las categorías principales que siguen a la Clase en secuencia descendente son las siguientes: Orden, Familia, Género y Especie; existiendo además categorías subordinadas como: Suborden, Subfamilia, Subgénero, Subespecie, Variedad y Forma.

Las terminaciones de los nombres de estas categorías son definidas y están establecidas según los Artículos y Recomendaciones del Código Internacional de Nomenclatura Botánica, Greuter (1988), como puede observarse en el ejemplo siguiente:

División Rhodophyta (-**phyta**)
Clase Bangiophyceae (-**phyceae**)
Orden Bangiales (-**ales**)
Familia Bangiaceae (-**aceae**)
Género *Bangia*
Especie *Bangia atropurpurea*

La unidad básica de clasificación es la especie y su designación correspondiente al nombre científico. Este nombre binomial fue establecido por Linneo (1753), consta del nombre genérico seguido del epíteto específico. A continuación del nombre de cada especie se indica el nombre del autor, que corresponde al primero en describir y dar nombre a la especie. Así por ejemplo:

Lyngbya confervoides C. Agardh.
Ulva lactuca Linneo
Sargassum filicinum Harvey
Porphyra crispata Kjellman

El uso del nombre científico se justifica por su universalidad frente a los nombres comunes o vernaculares, distintos y sin valor científico.

En esta introducción siguiendo a Morris (1967), Chapman y Chapman (1977) y Bold and Wynne (1985) las algas son clasificadas en las siguientes 12 Divisiones: **CYANOPHYTA, PROCHLOROPHYTA, CHLOROPHYTA, CHAROPHYTA, EUGLENOPHYTA, CHRYSOPHYTA, XANTHOPHYTA, BACILLARIOPHYTA, PYRRHOPHYTA, CRYPTOPHYTA, PHAEOPHYTA Y RHODOPHYTA.** Cada una de ellas serán tratadas independientemente en los capítulos siguientes.



3

DIVISIÓN CYANOPHYTA

Las **Cyanophyta** o algas azul-verdes, incluye a las plantas más primitivas. Al igual que las bacterias tienen una organización procariótica y carecen de cromatóforos como lo tienen otras algas o plantas superiores. Su coloración azul-verde predominante se debe principalmente a la clorofila a y a otros pigmentos como la C-ficocianina (azul), C-ficoeritrina (rojo), ß caroteno y diversas xantófilas. El producto de reserva lo constituye el almidón de cianofíceas, los gránulos de cianoficina y otros.

Las formas vegetativas de las Cyanophyta comprende a individuos unicelulares o pluricelulares agrupados de un modo definido. La reproducción característica es la asexual: por simple fisión, por medio de hormogonios y diversos tipos de esporas. No existen formas de reproducción sexual; tampoco existen formas flageladas en los estados vegetativos o de reproducción.

La algas azul-verdes habitan en diversos ambientes: suelos húmedos o áridos, diversos cuerpos de aguas continentales y en el ambiente marino. Contribuyen a la fertilidad de los suelos por su capacidad para fijar el N atmosférico; forma parte de la cadena trófica en los ambientes acuáticos o son empleadas directamente en la alimentación humana como las especies de *Nostoc y Spirulina.*

3.1 ORGANIZACIÓN VEGETATIVA

En general hay dos formas morfológicas características en las Cyanophyta: las no filamentosas y las filamentosas.

3.1.1 FORMAS NO FILAMENTOSAS. Comprende a las cocoides solitarias o unicelulares como *Synechocystis* y a las formas pluricelulares agrupadas en colonias como *Chroococcus, Gloeocapsa, Merismopedia, Microcystis, Aphanothece* y *Gomphosphaeria*.

En estos géneros las células son esféricas, ovoides o bacilares. La fisión ocurre en uno, dos o tres planos, determinando en cada caso la forma colonial. A veces, las células hijas se separan una de la otra, otras veces permanecen unidas por períodos cortos o largos formando colonias con células de diferentes generaciones e incluidas en un mucilago colonial común. Las colonias con microscópicas como las de *Chroococcus y Gloeocapsa*, o macroscópicas como las de *Aphanothece*. En *Merismopedia* las células se disponen en hileras perpendiculares entre sí formando una colonia laminar. En *Gomphosphaeria* la colonia es globular con las células ovoides dispuestas próximas a la periferie. La colonia de *Microcystis* es irregular, alargada, clatrada o no, con las células dispuestas irregularmente en el mucílago colonial.

3.1.2 FORMAS FILAMENTOSAS. Entre éstas se distinguen los **tricomas** y los **filamentos**. El **tricoma** consiste de una fila de células dispuestas una detrás de la otra, como resultado de la división celular en un solo plano; mientras que el **filamento** comprende al tricoma o tricomas incluidos en un estuche mucilaginoso común.

El tricoma más simple se observa en *Borzia trilocularis,* pues tiene dos a cuatro células cilíndricas con una constricción marcada a nivel de las paredes transversales. En otros géneros como *Oscillatoria* el tricoma es recto u ondulado con numerosas células cilíndricas o discoidales. En *Spirulina y Arthrospira*, los tricomas tienen espiras numerosas y regulares o pocas y amplias respectivamente.

Entre los filamentos existentes algunos como el de *Lyngbya* que tiene un solo tricoma incluido en el estuche mucilaginoso correspondiente, mientras que otros como los de *Porphyrosiphon* y *Microcoleus* tienen de dos a numerosos tricomas incluidos en un solo estuche mucilaginoso. Los filamentos entrecruzados de las especies de *Nostoc* tiene sus estuches confluentes entre sí, constituyendo en su conjunto el mucílago común de las formas macroscópicas amorfas, globosas o laminares. En los géneros *Rivularia, Gloeotrichia, Calothrix* los filamentos son atenuados de la base al ápice; las células basales del tricoma son grandes, mientras que las distales pequeñas, cilíndricas y progresivamente terminan en un extremo hialino.

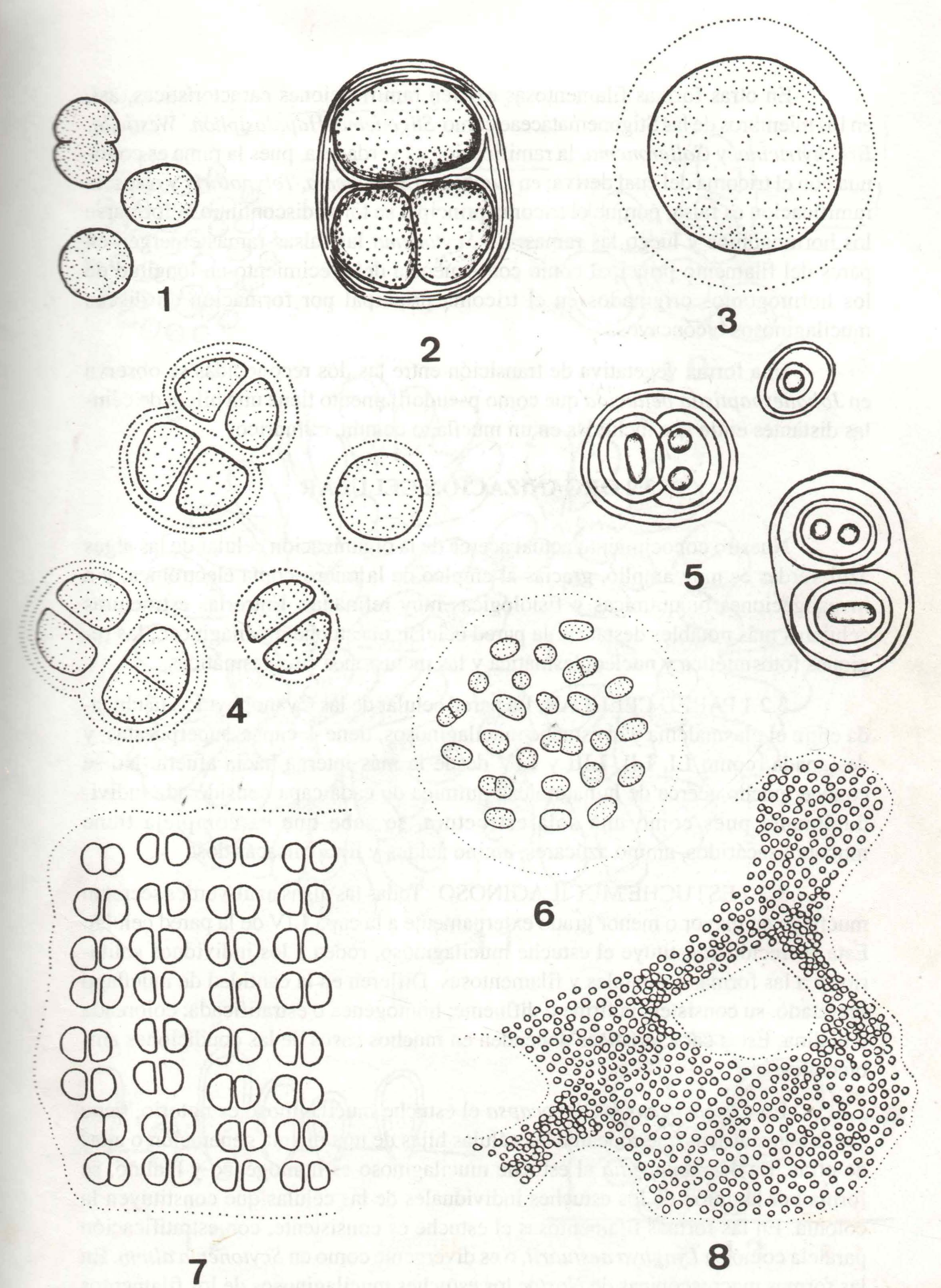


Fig.1 *Synechocystis* forma cocoide simple. **Figs.2,3** *Chroococcus turgidus* formas coloniales. **Fig.4** *Chroococcus limenticus* formas coloniales. **Fig.5** *Gloeothece rupestris* colonias con estuches concéntricos. **Fig.6** *Aphanothece stagnina* colonia globosa. **Fig.7** *Merismopedia elegans* porción de una colonia laminar. **Fig.8** *Microcystis aeruginosa* porción de una colonia irregular,clatrada.

En otras formas filamentosas existen ramificaciones características, así, en los miembros de las Stigonemataceae como *Stigonema, Hapalosiphon, Westiella, Brachytricina* y *Colteronema,* la ramificación es verdadera, pues la rama es continua con el tricoma del cual deriva; en cambio en *Scytonema, Tolypothrix* y otros, la ramificación es falsa, porque el tricoma principal se torna discontinuo al formarse los hormogonios y luego las ramas. En *Scytonema* las falsas ramas emergen en pares del filamento principal como consecuencia del crecimiento en longitud de los hormogonios originados en el tricoma principal por formación de discos mucilaginosos bicóncavos.

Una forma vegetativa de transición entre las dos reconocidas se observa en *Johanesbaptistia pellucida* que como pseudofilamento tiene una hilera de células distantes entre sí e incluidas en un mucílago común, cilíndrico.

3.2 ORGANIZACIÓN CELULAR

Nuestro conocimiento actual acerca de la organización celular de las algas azul-verdes es muy amplio, gracias al empleo de la microscopía electrónica, y a investigaciones bioquímicas y fisiológicas muy refinadas. Entre las estructuras celulares más notables destacan: la pared celular, el estuche mucilaginoso, las regiones fotosintética y nucleoplasmática y las inclusiones citoplasmáticas.

3.2.1 PARED CELULAR. La pared celular de las Cyanophyta, está ubicada entre el plasmalema y el estuche mucilaginosos, tiene 4 capas superpuestas y designada como **LI**, **LII**, **LIII** y **LIV** desde la más interna hacia afuera. No se conoce mucho acerca de la naturaleza química de cada capa considerada individualmente pues como una sola estructura, se sabe que es compleja tiene mucopolisacáridos, amino azúcares, amino ácidos y lipopolisacáridos.

3.2.2 ESTUCHE MUCILAGINOSO. Todas las algas azul-verdes secretan mucílago en mayor o menor grado externamente a la capa **LIV** de la pared celular. Esta secreción constituye el estuche mucilaginoso, rodea a los individuos solitarios y a las formas coloniales y filamentosas. Difieren en la cantidad de mucílago secretado, su consistencia firme o difluente; homogénea o estratificada; coloreada o hialina. Estas características dependen en muchos casos de las condiciones ambientales.

En *Chroococcus* y *Gloeocapsa* el estuche mucilaginoso es notorio, tiene capas concéntricas que rodean a las células hijas de una misma generación o a las de otras. En *Merismopedia* el estuche mucilaginoso es homogéneo y hialino, se forma por la unión de los estuches individuales de las células que constituyen la colonia. En las formas filamentosas el estuche es consistente, con estratificación paralela como en *Lyngbya aestuarii*, o es divergente como en *Scytonema altum*. En las formas macroscópicas de *Nostoc* los estuches mucilaginosos de los filamentos individuales se unen entre sí constituyendo el mucílago colonial.



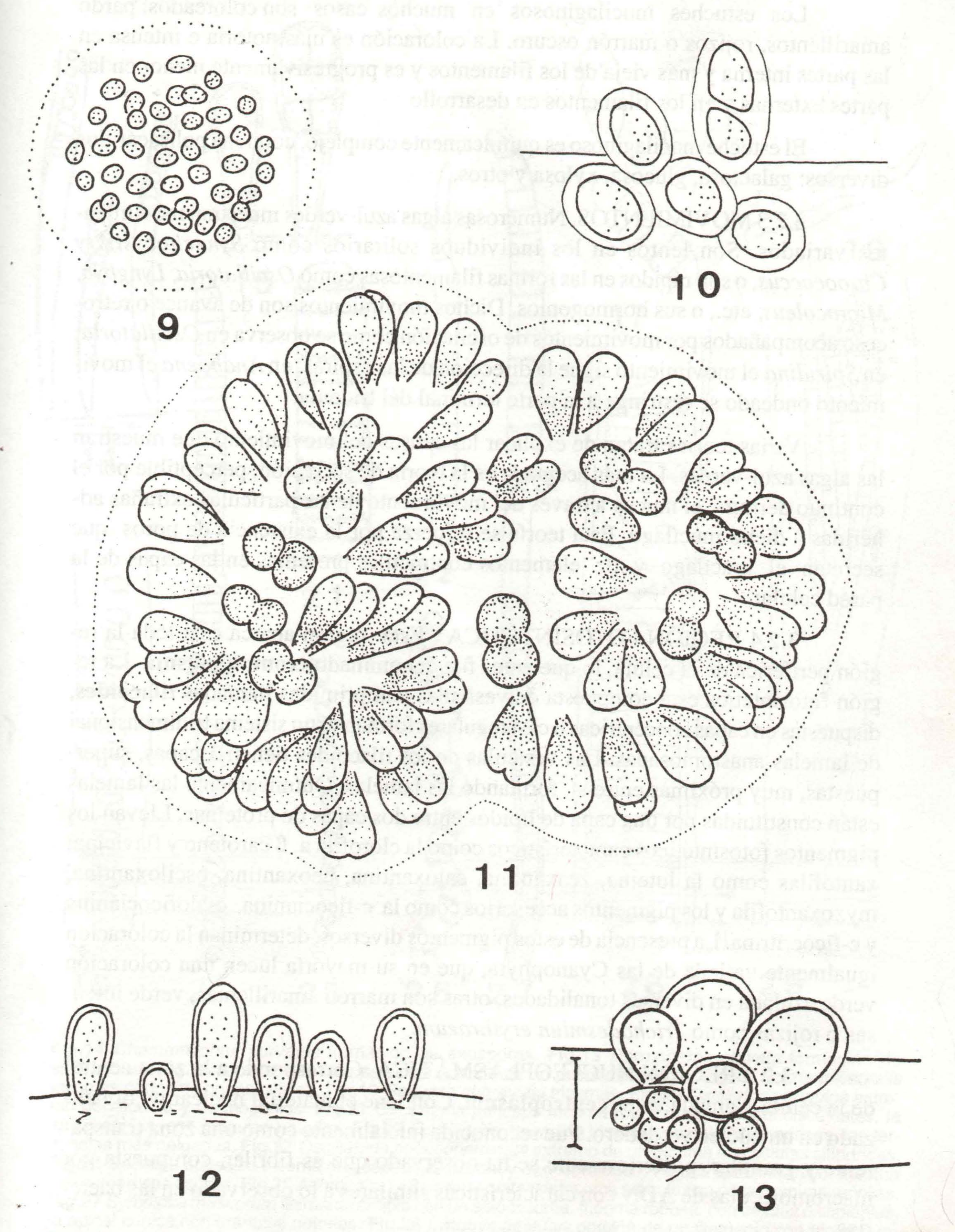


Fig. 9 *Coelosphaerium kuetzingianum* colonia globosa con células esféricas. **Fig.10** *Enthophysalis conferta* colonia irregular epífita. **Fig.11** *Gomphosphaeria aponina* colonia globosa con células piriformes. **Fig.12** *Chamaesiphon incrustans* individuos gregarios, epífitos. **Fig.13** *Dermocarpa versicolor* individuos gregarios epífitos.

Los estuches mucilaginosos en muchos casos son coloreados: pardo amarillentos, rojizos o marrón oscuro. La coloración es más notoria e intensa en las partes interna y más vieja de los filamentos y es progresivamente menor en las partes externas y en los filamentos en desarrollo.

El estuche mucilaginoso es químicamente complejo, contiene polisacáridos diversos: galactosa, glucosa, xylosa y otros.

3.2.3 MOVIMIENTOS. Numerosas algas azul-verdes muestran movimientos variados. Son lentos en los individuos solitarios como *Synechocystis y Chroococcus*, o son rápidos en las formas filamentosas como *Oscillatoria, Lyngbya, Microcoleus,* etc., o sus hormogonios. Dichos movimientos son de avance o retroceso acompañados por movimientos de oscilación como se observa en *Oscillatoria*; en *Spirulina* el movimiento sigue la dirección de las espiras; en *Anabaena* el movimiento ondeado se restringe a la parte terminal del tricoma.

Varias teorías tratan de explicar las causas del movimiento que muestran las algas azul-verdes. La más aceptada es la teoría de secreción, perceptible por el continuo derrame el mucus a través del movimiento de las partículas extrañas adheridas a dicho mucílago. Esta teoría se refuerza por la existencia de poros que secretan el mucílago y de elementos contráctiles presentes en las capas de la pared celular.

3.2.4 REGIÓN FOTOSINTÉTICA. Esta región abarca casi toda la región periférica de la célula, lo que antes fue denominado **cromotoplasma**. La región fotosintética está compuesta de vesículas comprimidas llamadas **tilacoides**, dispuestas en capas concéntricas o casi regulares formando un sistema tridimensional de lamelas anastomosadas. Las vesículas de los tilacoides tienen 3 capas, superpuestas, muy próximas entre sí, formando las lamelas. Químicamente las lamelas están constituidas por una capa de lípidos entre dos capas de proteínas. Llevan los pigmentos fotosintéticos característicos como la clorofila **a,** ß caroteno y flavicina; xantófilas como la luteina, zeaxantina, caloxantina, neoxantina, osciloxantina, myxoxantofila y los pigmentos accesorios como la c-ficocianina, c-aloficocianina y c-ficoeritrina. La presencia de estos pigmentos diversos, determinan la coloración igualmente variada de las Cyanophyta, que en su mayoría lucen una coloración verde azulada en diversas tonalidades, otras son marrón amarillentas, verde intensas o rojizas como *Trichodesmiun erythraeum.*

3.2.5 REGIÓN NUCLEOPLASMÁTICA. Corresponde a la zona central de la célula, llamada antes **centroplasma**. Contiene el material nuclear no organizado en un núcleo verdadero. Fue reconocida inicialmente como una zona transparente y granular; posteriormente se ha observado que es fibrilar, compuesta por macromoléculas de **ADN** con características similares a lo observado en las bacterias.

Fig.14 *Chamaesiphon curvatus* formación de exosporas. **Fig.15** *Dermocarpa clavata* formación de endosporas. **Fig.16** *Johanesbaptistia pellucida* porción de un pseudofilamento. **Fig.17** *Borzia trilocularis* tricomas cortos de pocas células. **Fig.19** *Spirulina abbreviata* tricomas. **Fig.20** *Oscillatoria anguina* extremo del tricoma y hormogonios. **Fig.21** *Oscillatoria princeps* tricoma robusto con células discoidales, la apical cónica, con gránulos notorios. **Fig.22** *Oscillatoria splendida* tricoma con células cilíndricas, las terminales más delgadas. **Fig.23** *Oscillatoria pseudogeminata* extremo de un tricoma con células cilíndricas. **Fig.24** *Spirulina subsalsa* tricoma con espiras regulares y muy apretadas. **Fig.25** *Spirulina major* tricoma con numerosas espiras. **Fig.26** *Arthrospira* (=*Spirulina*) *platensis* tricoma robusto con pocas espiras,amplias. **Fig.27** *Symploca muscorum* filamento simple con un solo tricoma. tricoma robusto con células discoidales, la apical cónica,con gránulos notorios. **Fig.28** *Lyngbya aestuarii* porción de un filamento,con tricoma robusto y hormogonio. **Fig.29** *Microcoleus paludosus* extremo terminal de un filamento y varios tricomas.

3.2.6 INCLUSIONES CELULARES. Las inclusiones más comunes en las células de las Cyanophyta, están representadas por diversas estructuras: ribosomas, gránulos de poliglucanos, gotas de lípidos, gránulos de cianoficina, cuerpos de polifosfatos y cuerpos poliédricos.

Los ribosomas son las inclusiones más comunes, distribuidas principalmente en la región central, en estrecha relación al ADN. Los gránulos de poliglucanos como finas partículas se ubican entre los tilacoides. De igual modo, las gotas de lípidos se localizan entre los tilacoides y frecuentemente cerca a la pared celular. Los gránulos de cianoficina son inclusiones proteicas, son más conspicuas y abundantes en las células viejas y en las esporas. No se conoce con precisión la función de los cuerpos de polifosfatos y los cuerpos poliédricos.

3.3 REPRODUCCIÓN

En las algas azul-verdes, la reproducción es muy simple, sólo ocurre asexualmente por fisión, formación de hormogonios, endosporas, exosporas, aquinetos y heterocistos. No existen esporas móviles, ni gametos, ni forma alguna de conjugación entre los miembros de la Cyanophyta. La reproducción sexual no ha sido observada en el ambiente natural, sin embargo, se menciona casos de recombinación genética en experimentos de laboratorio, semejante a lo que sucede en las bacterias.

3.3.1 FISIÓN. Es la forma más simple de reproducción en las Cyanophyta. Después de la fisión, las células hijas se separan y constituyen los nuevos individuos unicelulares como en *Synechocystis*, o permanecen unidas en el estuche mucilaginoso de la célula progenitora como en las formas coloniales: *Chroococcus*, *Gloeocapsa, Gomphosphaeria,* etc. En estos géneros la fisión contribuye al incremento del número de células, considerándose por esta razón como una simple división celular y no como una forma de reproducción típica.

3.3.2 HORMOGONIOS. La formación de hormogonios es una de las formas más comunes de las algas azul-verdes filamentosas. los hormogonios son fragmentos del tricoma, de una a muchas células iguales; se forman por la muerte de una a más células intercalares del tricoma, o por la formación de los discos mucilaginosos bicóncavos de separación como se observa en *Oscillatoria*. En *Lyngbya* los hormogonios se liberan del estuche general y desarrollan en nuevos individuos que incrementan sus células por simples fisión. En *Microcoleus*, un hormogonio libre desarrolla en un nuevo tricoma en el interior del estuche respectivo, a partir de dicho tricoma se forman otros hormogonios y así progresivamente se incrementan los tricomas característicos del género. En *Scytonema*, los hormogonios dan lugar a las ramas falsas al incrementar sus células por simple fisión y crecer, en longitud, fuera del estuche del tricoma principal.

En *Westiella lanosa* los filamentos se diferencian en estructuras especializadas llamadas **hormocistos**. En éstos, el tricoma es corto, terminal rodeado de un estuche mucilaginoso consistente.

3.3.3 ENDOSPORAS. Son esporas pequeñas y se forman dentro de la célula por divisiones sucesivas en los tres planos; son numerosas como en *Dermocarpa* y se liberan por ruptura de la pared del esporangio.

3.3.4 EXOSPORAS. Este tipo de esporas se forman por gemación progresiva en el extremo libre de la célula como ocurre en *Chamaesiphon, Stichosiphon.* Las exosporas libres desarrollan en nuevos individuos próxima a la célula madre, mostrando su hábito gregario.

3.3.5 AQUINETOS O ACINETOS. Son esporas grandes, generalmente ovoides. Tienen la pared engrosada y generalmente pigmentada de marrón o pardo amarillenta, a veces ornamentada como en *Cylindrospermun alatum* y el protoplasto muestra gran cantidad de material de reserva en forma de gránulos de cianoficina.

Los aquinetos son frecuentes en las Nostocaceae, Rivulariaceae Scytonemataceae y Stigonemataceae. Se forman en posiciones definidas, especialmente en relación con el heterocisto. En *Cylindrospermum, Gloeotrichia,* etc. son terminales o basales, único; en *Anabaena, Nodularia y Nostoc,* son intercalares solitarios o en series, próximos o distantes de los heterocistos.

Algunos aquinetos germinan inmediatamente en un nuevo tricoma, mientras que otros requieren un período de reposo. Permanecen viables por largos períodos, pueden soportar la desecación y las condiciones ambientales desfavorables.

3.3.6 LOS HETEROCISTOS. Son esporas esféricas o globosas, ligeramente más grande que las células vegetativas de las que derivan; tienen la pared celular engrosada y el contenido protoplasmático homogéneo. Están presente en la mayoría de las formas filamentosas de las algas azul-verdes, excepto en las Oscillatoriaceae. Según su posición son terminales o intercalares como en *Cylindrospermum y Anabaena* respectivamente. Los heterocistos intercalares se distinguen por sus dos **nódulos polares** engrosados a ambos lados en conexión con las células vecinas; en cambio, los heterocistos terminales sólo tienen un **nódulo polar**. La posición terminal es en muchos casos accidental, cuando un tricoma largo se fragmenta a nivel del heterocisto intercalar, éste se reconoce porque conserva sus dos nódulos polares. Excepcionalmente algunas especies como *Brachytrichia balani y Mastigocladus laminosus* tienen heterocistos intercalares con tres nódulos.

Los heterocistos intercalares se presentan generalmente solitarios a intervalos regulares en el tricoma, otras veces se presentan en cadenas de dos a ocho heterocistos como en *Nostoc, Anabaena y Nodularia.* Los heterocistos terminales

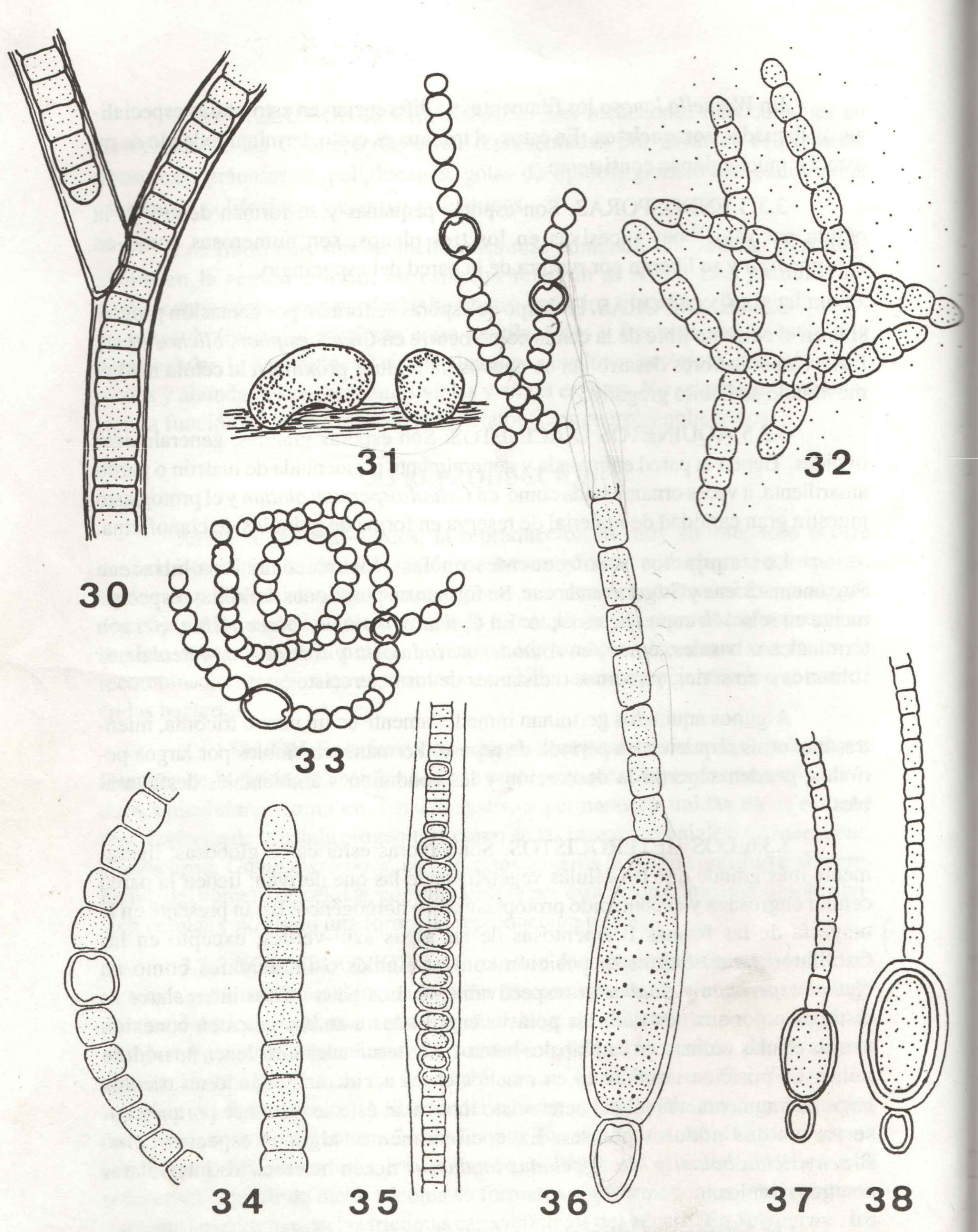


Fig.30 *Plectonema tomasinianum* filamento simple con una rama falsa. **Figs.31,32** *Nostoc microscopicum* detalle de dos colonias y tricomas con heterocistos y otros solo con células vegetativas. **Fig.33** *Anabaena circinalis* detalle del tricoma, células vegetativas y heterocistos. **Fig.34** *Anabaena variabilis* porciones de un tricoma,con heterocisto intercalar y célula apical. **Fig.35** *Nodularia spumigena* porción de un filamento, tricoma con cadenas de aquinetos intercalares. **Fig.36** *Cylindrospermum stagnale* extremo del tricoma con heterocisto y aquineto terminales. **Figs.37,38** *Cylindrospermum muscicola* extremo de dos tricomas con heterocistos y aquinetos.

caracterizan a algunos géneros como *Gloeotrichia, Rivularia, Calothrix,* denominándose en éstos heterocistos basales adyacentes a un aquineto.

La función que cumple el heterocisto no se conoce con precisión. Probablemente tenga varias funciones, considerándose entre estas las siguientes: su capacidad de germinación observada en varios géneros como *Anabaena, Nostoc, Gloeotrichia, Brachytrichia, Rivularia y Tolypothrix.* Tiene también una función mecánica simple, cual es, permitir la fragmentación de los tricoma y contribuir así a la formación de nuevos tricomas. Se afirma también, que el heterocisto estimula el desarrollo y diferenciación de los aquinetos como ocurre en *Gloeotrichia y Cylindrospermum*; o que juegan un rol importante en la fijación del nitrógeno atmosférico.

3.4 HABITAT

Las algas azul-verdes son organismos de amplia distribución. Habitan en casi todos los ambientes acuáticos: charcas, lagos, reservorios, aguas tranquilas y corrientes, aguas dulces, salobre o marina; así como en los ambientes terrestres.

Las Cyanophyta acuáticas pueden ser planctónicas o bentónicas. Las planctónicas algunas veces desarrollan en forma abundante, originando la **«floración acuática»** como ocurre con especies de *Microcystis y Anabaena* en aguas dulces, o colorea el agua de los mares tropicales o subtropicales, tal como *Trichodesmium erythraeum.* Las especies bentónicas se consideran como epilíticas si viven sobre substrato rocoso; epipélica si viven adheridas a la arena o lodo; epifíticas si viven sobre diversas plantas.

Muchas algas azul-verdes viven en el suelo húmedo, tanto en la superficie, o a determinada profundidad. Su presencia se nota en muchos casos porque desarrollan en gran cantidad mostrando una coloración característica. frecuentemente existe una definida correlación entre la composición química del substrato y el alga que desarrolla sobre éste. En los suelos áridos las algas azul-verdes son los primeros colonizadores y algunas muestran viabilidad luego de muchos años.

Otras especies de Cyanophyta, viven en ambientes termófilos como en los **«geisers»** de Yellowstone Park, U.S.A., soportan temperatura alta hasta 75° C. Viven también normalmente en las regiones frías del Artico y Antártico a menos de 0° C.

Numerosas algas azul-verdes viven en estrecha asociación con otros organismos. Unas veces la asociación es de simple epifitismo, como *Dermocarpa o Chamaesiphon* que crecen sobre diversas algas como *Cladophora.* Otras son endofíticas, como la asociación simbiótica de los líquenes, donde el ficobionte corresponde generalmente a *Chroococcus, Nostoc, Stigonema o Scytonema*; o la asociación está representada por una especie de **«parasitismo de espacio»**, como

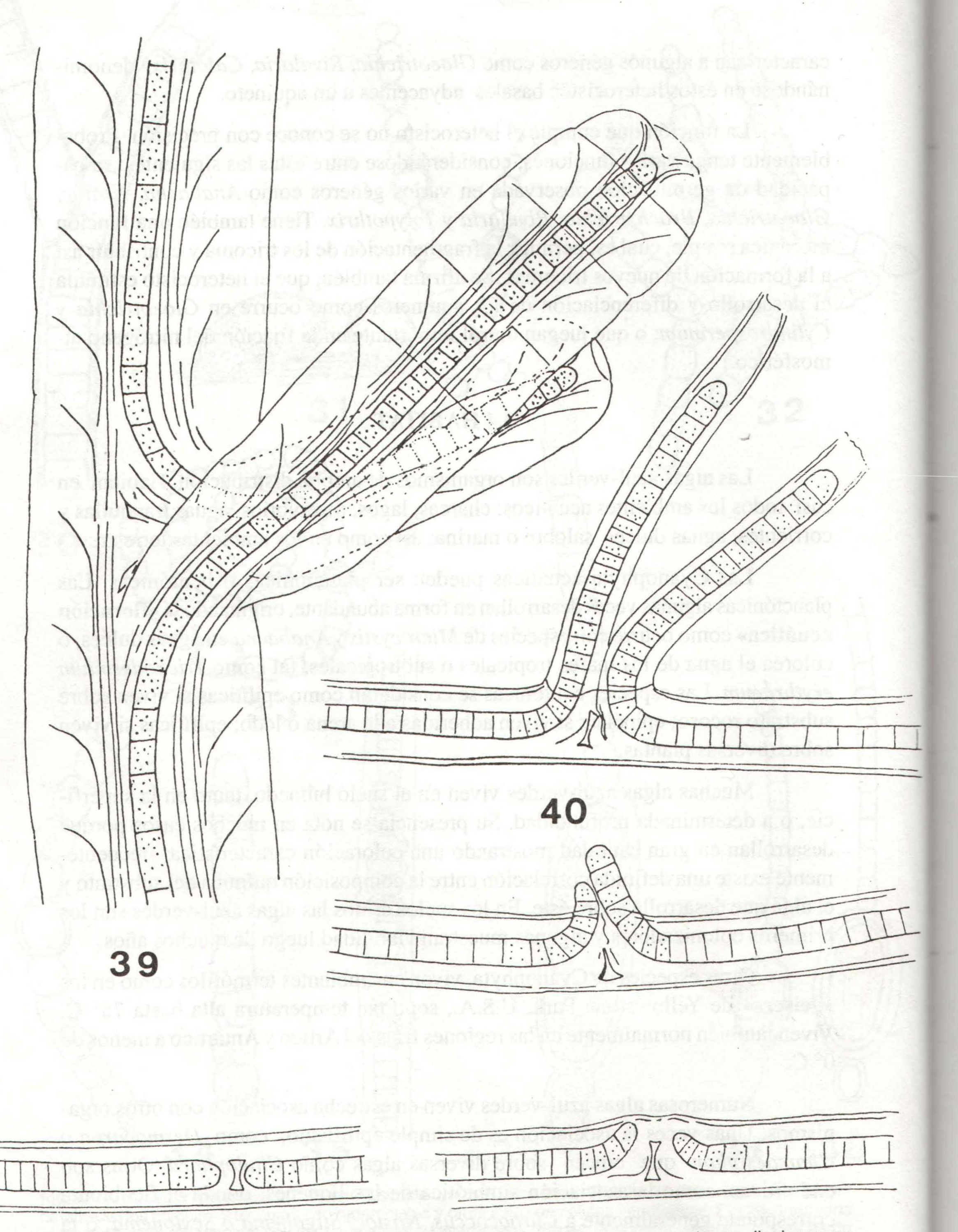


Fig.39 *Scytonema alatum* porción de un filamento,con ramas falsas en pares, estuche mucilaginoso amplio. **Fig.40** *Scytonema myochrous* porción de un filamento y formación progresiva de las ramas falsas en pares, que se inicia con la formación del disco mucilaginoso bicóncavo.

ocurre con las especies *Anabaena azollae y Anabaena cycadae* que viven entre los espacios celulares de *Azolla y Cycas* respectivamente. Existe además otras asociaciones similares con diversos grupos vegetales, como hongos, hepáticas, angiospermas, protozoarios, etc.; de éstas la más notable corresponde a las Glaucophyta, consideradas como formas anómalas de las Cyanophyta.

3.5 EVOLUCIÓN Y FILOGENIA

Luego de señaladas las características vegetativas, de organización celular forma de reproducción y hábitat de las algas azul-verdes, es posible establecer algunas interrelaciones filogenéticas posibles con los diferentes grupos de las plantas. De los grupos existentes, las bacterias constituyen las más semejantes a las Cyanophyta por una serie de caracteres como las siguientes: su condición procariótica, naturaleza química de su pared celular, reproducción asexual por simple fisión, capacidad para fijar el N atmosférico. Por otro lado, existen otros caracteres diferentes entre estos dos grupos; las bacterias tienen endosporas, pero carecen de heterocisto y aquinetos, las algas azul-verdes no tienen flagelos, en cambio las bacterias tienen diversos tipos de flagelos; los pigmentos fotosintéticos, así como los productos de reserva de ambos grupos son diferentes; como lo son también su presencia abundante, distribución y rol en el medio ambiente. No existiendo en consecuencia formas de transición entre estos grupos.

Otro grupo de plantas al cual se aproxima las algas azul-verdes lo constituyen las algas rojas, pues ambos grupos tienen como pigmentos comunes la clorofila a, ß caroteno, ficocianina y ficoeritrina, presentes en los tilacoides y cromatóforos respectivamente. Por otro lado, no es muy fácil demostrar la transición de las algas azul-verdes procarióticas a las formas eucarióticas más simples o primitivas.

3.6 IMPORTANCIA ECONÓMICA

Algunas algas azul-verdes se utilizan en la alimentación humana en forma directa como las especies de *Nostoc (N. commune, N. sphaericum y N. pruniforme)*, que bajo los nombres populares o vernaculares de **«cushuro», «murmunta»** o **«llullucsha»** son consumidas en diversas localidades andinas de nuestro país, del mismo modo en Ecuador y Bolivia. Igual uso tienen en otras áreas geográficas. Otra especie importante usada en la alimentación humana es *Spirulina platensis* que el nombre de **«dihe»** o **«die»** es usada al estado natural por los nativos que viven próximos al Lago Chad en el Africa. Informado de este uso, investigadores del Instituto Francés del Petróleo iniciaron su cultivo en el laboratorio con mucho éxito, transfiriendo luego dicha metodología a otras instituciones como Sosa Texcoco en México, la que produce actualmente harina de esta microalga para consumo humano.

El uso de estas especies en la alimentación humana se justifica ampliamente, por su alto valor proteico. Las especies de *Nostoc* tiene entre 40 a 45 % de proteínas, mientras que *Spirulina platensis* tiene entre 63 a 68 % de proteínas que incluye a casi todos los aminoácidos esenciales y vitaminas importantes en la dieta humana.

Son importantes también las formas planctónicas de las aguas continentales, pues integran el primer nivel trófico de la cadena de alimentos que incluye a otros organismos.

Diversas formas filamentosas como *Nostoc, Anabaena, Cylindropermum, Tolypothrix*, tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico, de este modo contribuyen a la fertilidad de los suelos, incrementando su rendimiento como ocurre en los cultivos de arroz en diversos países asiáticos.

Entre los aspectos perjudiciales que originan las algas azul-verdes, se señalan las siguientes: la intoxicación y muerte de diversos invertebrados acuáticos, incluso peces, por efecto de las toxinas producidas durante las **«floraciones acuáticas»** de *Microcystis, Anabaena* y otros. Su presencia abundante en las plantas de tratamiento de agua potable alteran la calidad del agua, convirtiéndola en no apta para el consumo humano.

3.7 CLASIFICACIÓN

Las algas azul-verdes son clasificadas de distinta manera por diferentes autores. La mayoría de ellos sustentan su criterio de clasificación en los caracteres morfológicos que muestran los integrantes de esta División y consideran a ésta con una sola **Clase: Myxophyceae** o **Cyanophyceae,** siendo diferentes el número de Ordenes y otras categorías taxonómicas; así Tilden (1910) consideró dos Ordenes: **Orden I Coccogeneae** y **Orden II Hormogoneae,** Geitler (1932) y Smith (1950) consideraron tres Ordenes: **Chroococcales, Chamaesiphonales** y **Oscillatoriales** y otros como Desikachary (1959) y Bourrelly (1970) consideraron cinco Ordenes: **Chroococcales, Chamaesiphonales, Pleurocapsales, Nostocales** y **Stigonematales,** criterio que seguimos en el presente trabajo. Frente a esta variedad y abundante información taxonómica, surgen algunas notables como la de Drouet (1956-1981) quien redujo drásticamente el número de Ordenes, familias, géneros y especies: **Orden Chroococales** con tres familias: Chroococcaceae, Chamaesiphonaceae y Clastidiaceae y el **Orden Hormogonales** igualmente con tres Familias: Oscillatoriaceae, Nostocaceae y Stigonemataceae. Del mismo modo son importantes las contribuciones de Anagnostidis y Komarek (1985, 1986, 1988, 1989 y 1990) que bajo el título de «Modern approach to the classification system of Cyanophytes 1- 5..» concluyen reafirmando que las Cyanophyta comprenden cuatro Ordenes: **Chroococales, Oscillatoriales, Nostocales y Stigonematales.**

La dificultad en la clasificación de estas algas, radica principalmente en su versatilidad para vivir en diferentes ambientes, reafirmada por las variaciones

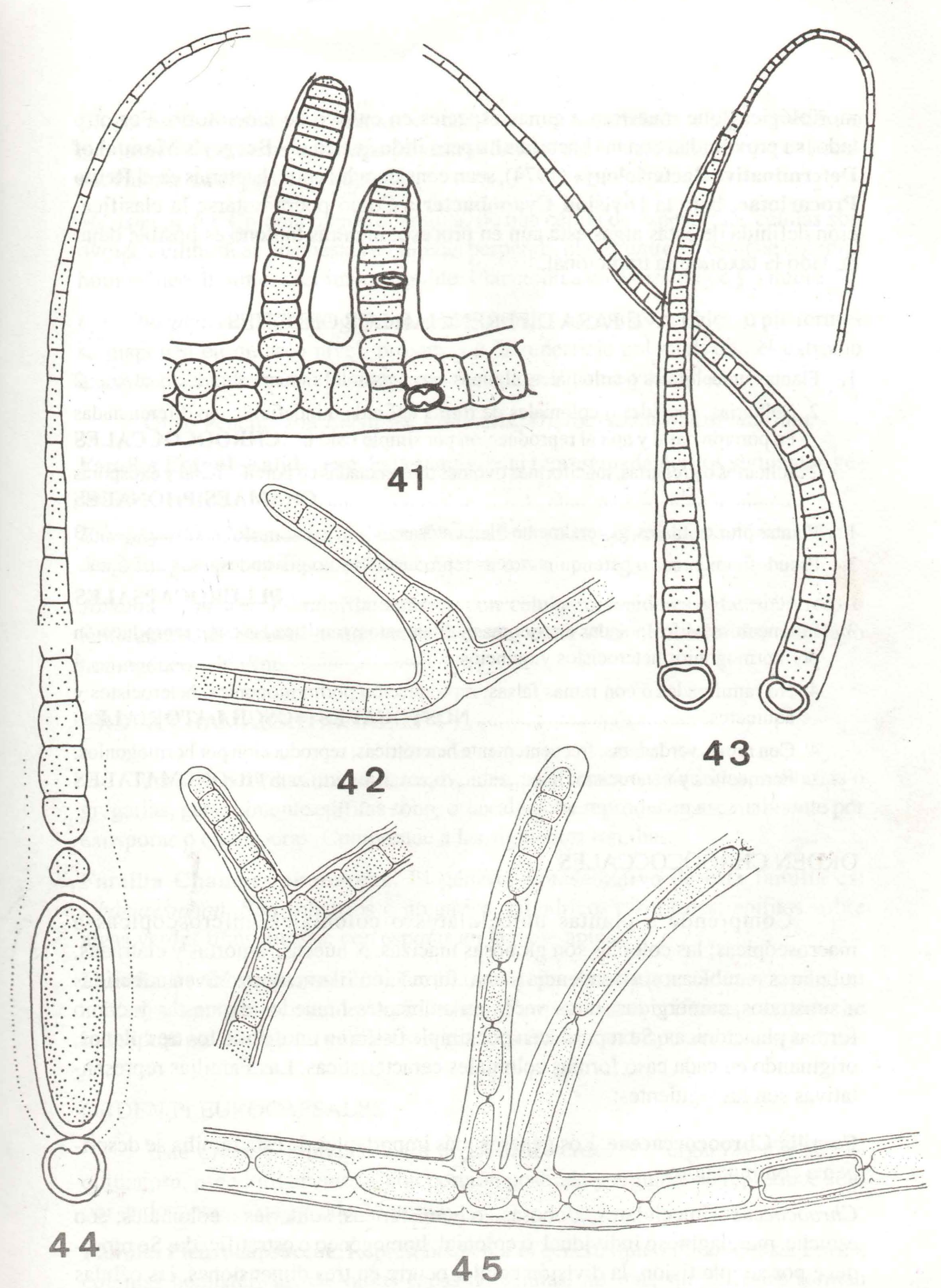


Fig.41 *Stigonema turfaceum* porción de un filamento, tricoma solitario con dos ramas verdaderas. Fig.42 *Mastigocladus laminosus* porciones de un filamento con una sola rama verdadera. Fig.43 *Calothrix epiphytica* dos filamentos con heterocisto basal y tricoma atenuado. Fig.44 *Gloeotrichia natans* porción proximal de un filamento con heterocisto y aquinetos basales y porción distal con células cada vez más largas y angostas. Fig.45 *Mastigocoleus sp.* porción de un filamento con tricoma uniseriado y dos ramas verdaderas.

morfológicas que muestran algunas especies en cultivo de laboratorio. Por otro lado, su proximidad con las bacterias ha permitido que en el **«Bergey's Manual of Determinative Bacteriology»** (1974), sean consideradas como bacterias en el **Reino Procariotae**, bajo la **División Cyanobacteria**.Como podrá notarse la clasificación definida de estas algas está aún en proceso;mientras tantono es posible dejar de lado la taxonomía tradicional.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LOS ORDENES

1. Plantas unicelulares o coloniales, algunas veces pseudofilamentosa. 2

   2. Solitarias, cocoides o coloniales de forma definida o indefinida; no diferenciadas en porción basal y apical reproducción por simple fisión.... **CHROOCOCCALES**

   2'.Solitarias o gregarias, maciformes ovoides diferenciadas en porción basal y exosporas ....**CHAMAESIPHONALES**

1'. Plantas pluricelulares, generalmente filamentosas...3

3. Pseudofilamentosa o parenquimatosas; reproducción sólo por endosporas .... **PLEUROCAPSALES**

3'. Filamentosas diferenciadas en tricomas y filamentos; ramificadas o no; reproducción por hormogonios heterocistos y quinetos. 4

   4. No ramificadas o con ramas falsas; reproducción porhormogonios, heterocistos y aquinetos. .... **NOSTOCALES (=OSCILLATORIALES)**

   4'. Con ramas verdaderas, frecuentemente heterotricas; reproducción por hormogonios, hormocitos y heterocisto. .... **STIGONEMATALES**

ORDEN CHROOCOCCALES

Comprende a plantas unicelulares o coloniales, microscópicas a macroscópicas; las colonias son globosas macizas o huecas, amorfas y clatradas, tubulares o cúbicas; sin tendencia a una formación filamentosa. Viven adheridas a substratos, sumergidos, otras veces en ambientes húmedos expuestos y como formas planctónicas. Se reproducen por simple fisión en uno, dos o los tres planos, originando en cada caso formas coloniales características. Las Familias representativas son las siguientes:

Familia Chroococcaceae. Los géneros más importantes de esta familia se describen a continuación:

Chroococcus. Unicelulares, globosas, o hemisféricas; solitarias o coloniales; con estuche mucilaginoso individual o colonial; homogéneo o estratificado. Se reproduce por simple fisión, la división celular ocurre en tres dimensiones, las células hijas permanecen unidas en el estuche de las célula madre. Habitan en ambientes acuáticos dulces, salobre, o marino, otras veces en suelos húmedos.

Gloeocapsa. Constituyen formas coloniales, con numerosas células ovoides, o bacilares; con estuche mucilaginoso estratificado, concéntrico, hialino, o coloreado. Habita en superficies húmedas.

Merismopedia. Colonia plana, o laminar, de una célula de espesor; las células son ovoides-cilíndricas dispuestas en hileras perpendiculares entre sí; estuche colonial homogéneo, hialino, casi imperceptible. Planctónica en aguas dulce y salobre.

Gomphosphaeria. Colonia globosa, o reniforme; sus células ovoides, o piriformes se disponen en un solo nivel, próximas a la superficie colonial, con el extremo angosto orientado hacia el centro; estuche colonial firme y hialino.

Otros géneros son *Eucapsis, Anacystis, Microcystis, Coelosphaerium.*

Familia Entophysalidaceae. Esta familia esta representada por los siguientes géneros:

Entophysalis. Colonias irregulares, formando costras; con células esféricas, ovoides o irregulares; epífita sobre algas filamentosas.

Johannesbaptistia. Pseudofilamentosa, con células discoidales y hemisféricas o lenticulares, dispuestas en una serie, distantes entre sí en el interior del mucílago homogéneo y hialino.

ORDEN CHAMAESIPHONALES

Incluye a formas unicelulares,ovoides, periformes o cilíndricas, solitarias o gregarias; generalmente epífitas sobre otras algas; se reproducen asexualmente por exosporas o endosporas. Comprende a las siguientes familias:

Familia Chamaesiphonaceae. El género representativo de esta familia es: *Chamaesiphon*. Son solitarios o gregarios, cilíndricos piriformes; epífitas sobre algas verdes filamentosas; con esporas en la parte apical.

Familia Dermocarpaceae. Esta familia esta representada por: *Dermocarpa*. Son solitarias o gregarias, ovoides o piriformes; forman costras epifíticas, con estuche individual o colonial; las células más grandes forman endosporas.

ORDEN PLEUROCAPSALES

Este orden comprende a las algas azul verdes con organización parenquimatosa, pseudofilamentosa, con porción postrada y erguida; se reproduce solo por endosporas. Comprende 2 familias:

Familia Pleurocapsaceae. Representada por el género típico *Pleurocapsa*. Forma colonias hemisféricas, de varias capas de células, las más superficiales forman ramas uniseriadas o multiseriadas.

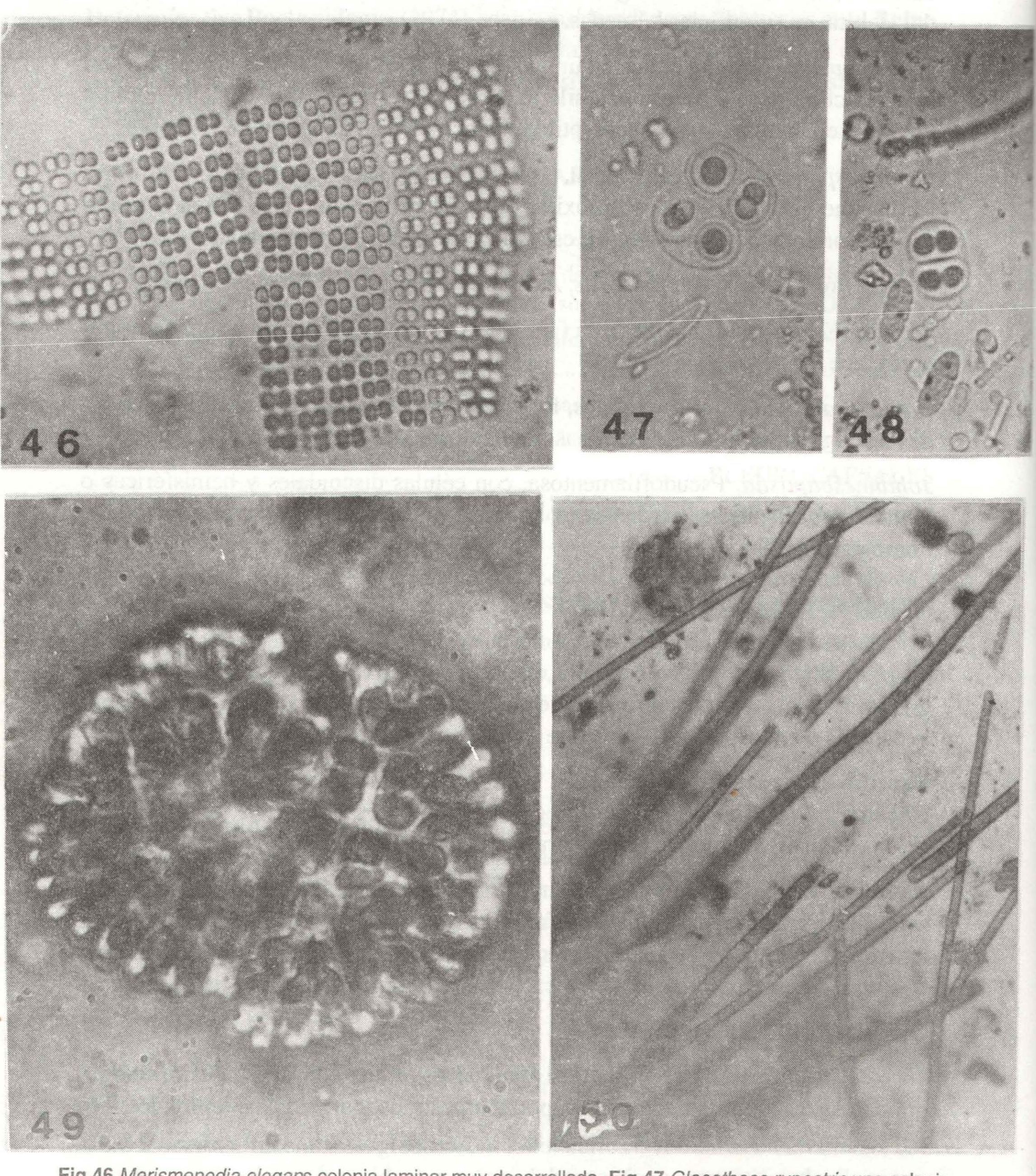


Fig.46 *Merismopedia elegans* colonia laminar muy desarrollada. Fig.47 *Gloeothece rupestris* una colonia con estuche de capas concéntricas. Fig.48 *Borzia trilocularis* dos individuos. Fig.49 *Gomphosphaeria aponina* detalle de una colonia. Fig.50 *Oscillatoria anguina* tricomas más gruesos y *O. formosa* tricomas más delgados.

Familia H
Hyella. Fo
calcáreo,
lulas supe
en endosp

ORDEN N

Est
renciados
mismo diá
atenuación
nado en un
generalme
tenidos en
o estratific
mentos se
nes coloni
heterocisto

Seg
Nostocace
heterocisto
Tilden (1
Oscillatori
Estas fami
Stigonema

Familia O
filamentos

- *Oscillator*
rios o agru
libre redo
natas de c

Spirulina.
sí o separ
cho. Habi

- *Arthrospi*
protoplas
actualida

Lyngbya.
firme, est





a colonia
sphaeria
tricomas

Familia Hyellaceae. Esta familia incluye a los géneros *Hyella* y *Xenococcus*.
Hyella. Forma colonias de varios tamaños, expandidos radialmente sobre el subtrato calcáreo, la pared basal forma pseudofilamentos penetrantes, mientras que las células superficiales se tornan ovoides o de variada forma, generalmente subdividida en endosporas.

ORDEN NOSTOCALES (=OSCILLATORIALES)

Este Orden incluye a todos los géneros de organización filamentosa, diferenciados en tricoma y filamentos. Los tricomas son generalmente uniseriados, del mismo diámetro en toda su extensión, o atenuados hacia ambos extremos, o con atenuación progresiva de la base al ápice, mostrando algunas veces el ápice terminado en un pelo, hialino, con células cada vez más angostas. Los filamentos tienen generalmente un tricoma y su respectivo estuche, o numerosos tricomas están contenidos en un único estuche amplio. Los estuches mucilaginosos son homogéneos, o estratificados, firme, o difluente, hialinos, o diversamente pigmentados. Los filamentos se presentan solitarios o agrupados formando masas amorfas, o agrupaciones coloniales de forma definida. Se reproducen por hormogonios, también por heterocistos y aquinetos.

Según Drouet (1981) este Orden comprende tres familias: Oscillatoriaceae, Nostocaceae y Stigonemataceae, caracterizadas según la presencia o ausencia de heterocistos y la presencia o ausencia de ramas verdaderas. Otros autores como Tilden (1910) y Drouet (1951) reconocen cinco familias en este Orden: Oscillatoriaceae, Nostocaceae, Scytonemataceae, Stigonemataceae y Rivulariaceae. Estas familias y sus géneros representativos se describen a continuación excepto Stigonemataceae incluida en el Orden Stigonematales.

Familia Oscillatoriaceae. Los géneros importantes de esta Familia son formas filamentosas: tricoma o filamentos, se reproducen sólo por hormogonios.

Oscillatoria. Los tricomas son uniseriados, rectos, ondulados o espiralados; solitarios o agrupados; sus células son cilíndricas o discoidales; la apical con el extremo libre redondeado; con numerosos hormogonios. Habita en agua dulce formando natas de color y aspecto característicos.

Spirulina. Tricoma simple, con numerosas espiras regulares, muy próximas entre sí o separadas. Con movimientos espiralado muy activo semejante al del saca corcho. Habita en agua dulce, salobre y marina.

Arthrospira. Los tricomas de esta alga son robustas, con pocas espira, amplias, con protoplasto granular. Habitan en aguas termales como Boza y Huacachina. En la actualidad este género está incluido en *Spirulina*.

Lyngbya. Este género es similar a *Oscillatoria*, pero tiene un estuche mucilaginoso firme, estratificado paralelamente con respecto al tricoma. Los filamentos presen-

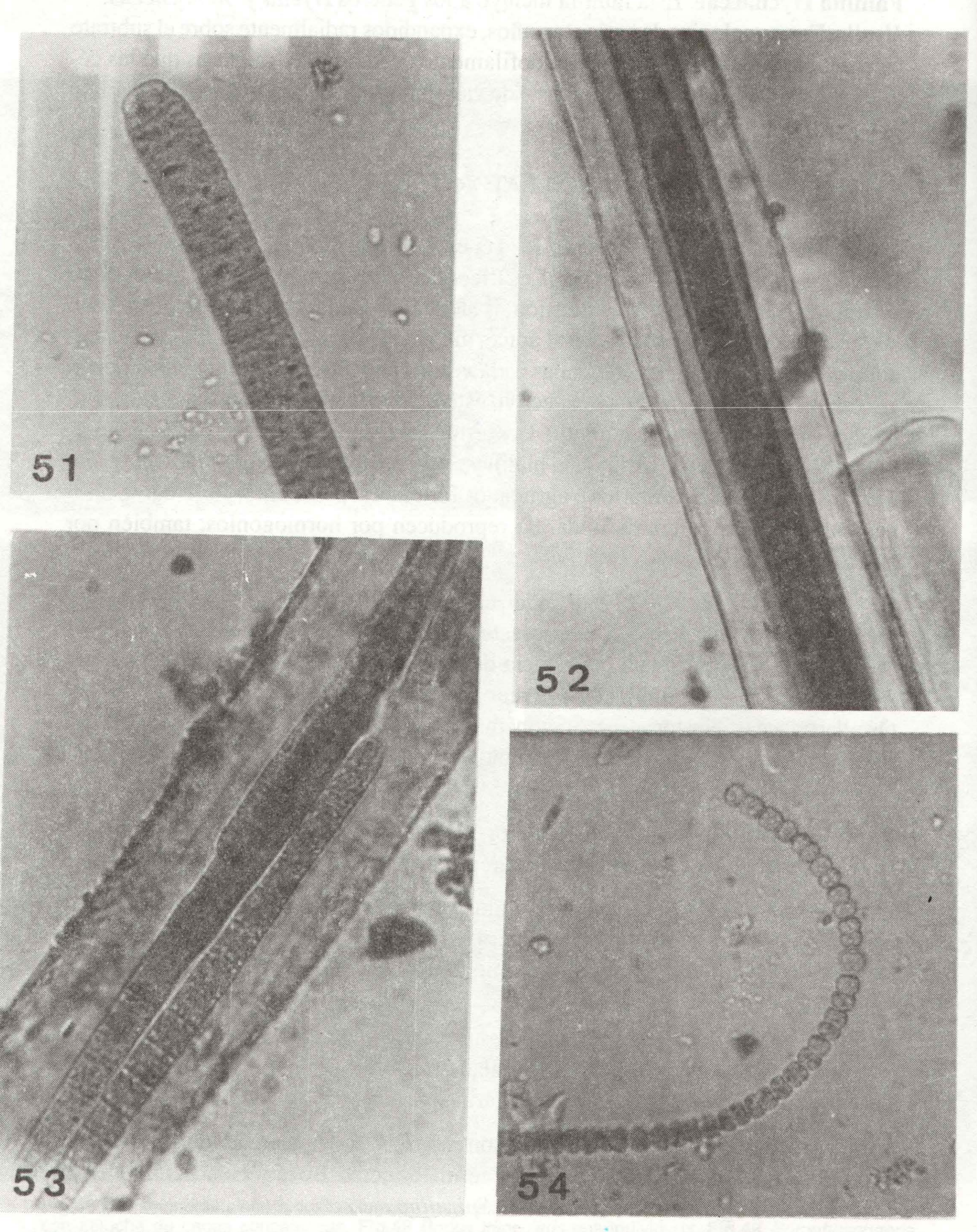


Fig.51 *Oscillatoria princeps* extremo de un tricoma. **Fig.52** *Lyngbya aestuarii* porción de un filamento, con un solo tricoma y estuche estratificado concéntricamente. **Fig.53** *Porphyrosiphon notarisii* parte de un filamento con varios tricomas. **Fig.54** *Anabaena variabilis* detalle de un tricoma con heterocisto intercalar.

tan frecuent
diversos sub

Microcoleus
amplio, ho
entrecruzad

Las c
o capitado.

Familia N
células dife
dividual o
sentativos s

Nostoc. Lo
como las cu
fluentes, fo
laminares
una pelícu
sentan hete
tes húmedo

Anabaena.
amorfas; tr
barril o su
planctónic

Cylindrosp
confluente
cilíndricas
mos del tri
ta en suelo

Otros gén
Aphanizon

Familia S
por ser fil
Scytonem
sas casi si
las cilínd
divergent
húmedos,

Tolypothr
próximas

tan frecuentemente hormogonios. Viven formando masas flotantes o adheridas a diversos subtratos en agua dulce, salobre o marina.

Microcoleus. Esta alga es filamentosa, cilíndrico-fusiforme; el estuche colonial es amplio, homogéneo y hialino, conteniendo numerosos tricomas paralelos o entrecruzados, más abundantes en la parte media del filamento.

Las células son cilíndricas, la apical con el extremo libre cónico, acuminado o capitado. Viven en suelos húmedos o lodosos, en agua dulce o marina.

Familia Nostocaceae. Comprende formas filamentosas, cuyos tricomas tienen células diferenciadas en heterocistos y aquinetos; con el estuche mucilaginoso individual o confluente formando el mucílago colonial común. Los géneros representativos son:

Nostoc. Los tricomas de esta alga tienen células globulares o en forma de barril, como las cuentas de un rosario, entrecruzados; los estuches individuales son confluentes, formando el mucílago común, constituyendo formas coloniales esféricas, laminares o amorfas, delimitada externamente por una membrana semejantes a una película. Las colonias son macroscópicas, con más de 5 cm. de diámetro; presentan heterocistos intercalares y aquinetos solitarios o en serie. Viven en ambientes húmedos y acuáticos dulce.

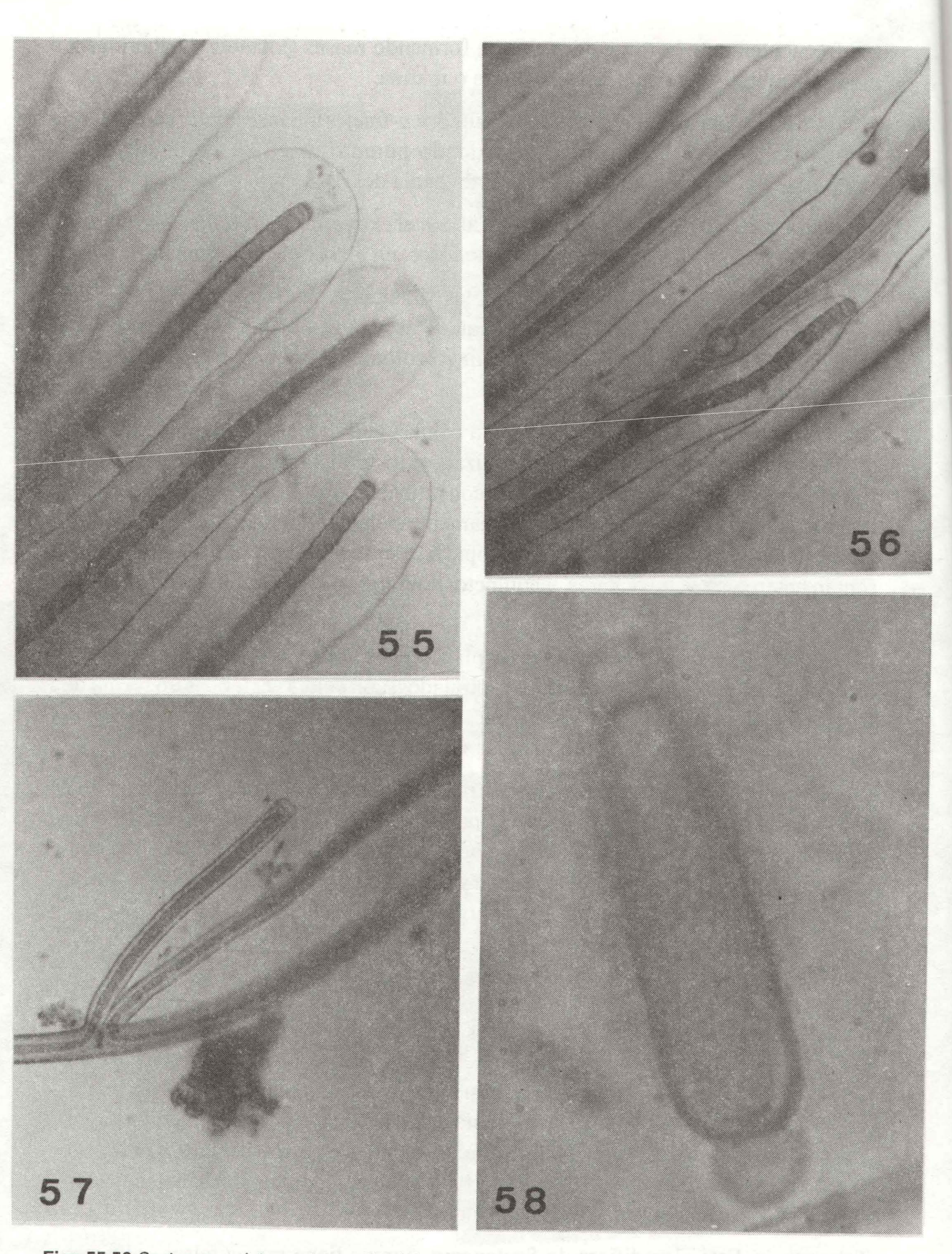
Anabaena. Alga filamentosa solitaria, planctónica o agrupadas formando masas amorfas; tricomas rectos flexuosos o espiralados, con células esféricas en forma de barril o subcilíndricas; con heterocistos y aquinetos intercalares. Viven como planctónicas en agua dulce, originan las **«floraciones acuáticas»**.

Cylindrospermum. Esta alga presenta tricomas rectos, curvados, entrecruzados; confluentes unos con otros a través del mucílago escaso y diluente; sus células son cilíndricas o en forma de barril; con un heterocisto esférico en uno o ambos extremos del tricoma; con un aquineto grande y subcilíndrico junto al heterocisto. Habita en suelos húmedos o substratos sumergidos.

Otros géneros representativos de esta familia son: *Nodularia, Hormothamnion, Aphanizomenon*.

Familia Scytonemataceae. Los géneros incluidos en esta familia se caracterizan por ser filamentosos y con ramificaciones falsas. Los géneros más conocidos son *Scytonema y Tolypothrix, Scytonema*. Este género filamentoso presenta ramas falsas casi siempre en pares a cierta distancia de un heterocisto; el tricoma tiene células cilíndricas; el estuche mucilaginoso es firme, estratificado paralela o divergentemente, hialina o coloreada. Habitan en agua dulce y marina, en suelos húmedos, formando agrupaciones afelpadas.

Tolypothrix. Esta alga difiere de *Scytonema*, porque tiene ramas falsas solitarias, próximas a un heterocisto; con estuche mucilaginoso delgado.



Figs.55,56 *Scytonema alatum* extremo distal de varios filamentos con el estuche mucilaginoso amplio,con capas divergentes. **Fig.57** *Scytonema myochrous* detalle de las ramas falsas. **Fig.58** *Gloeotrichia natans* heterocisto y aquineto basales.

Familia
tener los
basales;
gregarios
sistente c

Rivularia
mentos d
nuados s
impregna
marina.

- *Gloeotric*
cremosas
tan un he
ciación y
de reserv

Calothrix
en ambie
un hetero

• Ot
tes de agu

ORDEN

Es
zación h
con ram
citoplas
hormog

C
Mastigo
mos co

Famili
o pluri
ras, co
Hapal

- *Stigon*
u ova
plio, l
tre hu

Familia Rivulariaceae. Los géneros que integran esta familia se caracterizan por tener los tricomas atenuados de la base al ápice, con heterocistos y aquinetos basales; con estuche mucilaginoso firme difluente. Los filamentos son solitarios o gregarios como *Calothrix*, o forman colonias amorfas o de forma definida y consistente como *Gloeotrichia y Rivularia* respectivamente.

Rivularia. Colonias globosas firmes, negras o verdosas, macroscópicas; los filamentos dispuestos radialmente formando una unidad compacta. Los tricomas atenuados sólo tienen heterocistos basales. Algunas veces las colonias tienen impregnaciones externas de naturaleza calcárea. Habitan tanto en agua dulce como marina.

Gloeotrichia. Las colonias macroscópicas de este género son amorfas, gelatinosas, cremosas, a marrón-amarillenta; con los tricomas orientados radialmente, presentan un heterocisto y un aquineto basales, este último en diferentes fases de diferenciación y finalmente grandes, ovoides, con la pared gruesa y abundante sustancia de reserva, con el mucílago circundante marrón amarillento intenso.

Calothrix. Los filamentos de este género son solitarios o gregarios, epífitos o epilítico en ambientes de agua dulce o marina; el tricoma atenuado de la base al ápice tiene un heterocisto basal y termina enpelo fino y hialino.

Otro género importante de esta familia es *Dichothrix* que habita en ambientes de agua dulce.

ORDEN STIGONEMATALES

Este Orden comprende a los Cyanophyta filamentosas con marcada organización heterotrica, es decir, diferenciadas en una porción postrada y otra erguida; con ramas verdaderas; con tricomas uniseriados a pluriseriados, con conexiones citoplasmáticas notorias entre las células. Se reproducen por heterocistos hormogonios, hormocitos y raras veces por aquinetos.

Comprende a las siguientes Familias: Stigonemataceae, Mastigocladaceae, Mastigocladosidaceae, Nostochopsidaceae y Capsosiraceae, de éstas consideramos como representativas a las siguientes:

Familia Stigonemataceae. Incluye a formas filamentosas, con tricomas uniseriados o pluriseriados; diferenciados en un filamento principal y ramas laterales verdaderas, con células globosas o cilíndricas. Los géneros representativos son: *Stigonema, Hapalosiphon, Westiella, Fischerella.*

Stigonema. El tricoma de esta alga generalmente multiseriada, con células globosas u ovales; con las ramas verdaderas uniseriadas; el estuche mucilaginosos es amplio, homogéneo y coloreado de pardo-amarillento. Habita en un ambiente terrestre húmedos o en agua dulce formando almohadillados.

Los otros géneros de esta Familia tienen generalmente tricomas uniseriados como *Hapalosiphon y Westiella*, este último presenta hormogonios y hormocistos característicos.

Familia Mastigocladaceae. Comprende a formas filamentosas con ramificaciones en forma de V; a veces con ramas verdaderas; con estuche mucilaginoso firme o difluente; con heterocistos intercalares y hormogonios. Los géneros representativos son *Mastigocladus y Brachytrichia.*

Mastiglocadus. Filamento con un solo tricoma, ramificado en forma de V, con ramas verdaderas laterales y falsas ramas; con estuche mucilaginoso delgado y firme a difluente; con heterocistos intercalares.

4

DIVISIÓN PROCHLOROPHYTA

Esta División propuesta por Lewin (1976, 1977), comprende al único género *Prochloron*, Lewin, con la especie *Prochloron didemni*, descrita antes como *Synechocystis didemni*, simbionte obligado de las ascidia *Didemnum ternatum* y de otras especies de ascidias de Baja California, México.

Prochloron, es un alga procariótica, unicelular esférica, con el protoplasto restringido a la cara interna de la pared celular que posee ácido murámico similar a la de las Cyanophyta. Como pigmentos fotosintéticos tiene las clorofilas a y b, como las Chlorophyta, Euglenophyta, Charophyta y plantas superiores; tiene además ß caroteno, zeaxantina y criptoxantina y sin pigmentos ficobiliproteicos: ficocianina y ficoeritrina típicos de las algas azul-verdes y de las algas rojas. Los pigmentos se localizan en los tilacoides, dispuestos en pares y sin membrana y con organización semejante a los de las algas verdes y plantas superiores.

Muchos caracteres comprobados bioquímicamente demuestran que *Prochloron* es más próximo a las Cyanophyta que a las Chlorophyta.

Por razones de interés filogenético, este género y especie ha sido estudiado con amplitud. Así Lewin (1981a) sostuvo que esta alga representa un nexo entre las algas procarióticas y las Chlorophyta. Idea no compartida por otros y entre ellos hay quienes sostienen que los cloroplastos de las algas verdes han derivado endosimbióticamente a partir de un ancestro semejante a *Prochloron*. Hay quienes sugieren finalmente que las Prochlorophyta podrían haberse originado de las Cyanophyta al perder la ficocianina y ganar por síntesis la clorofila b, Gibbs (1981), Watley (1981) y otros.

Esta división comprende una sola Clase Prochlorophyceae, con el Orden Prochlorales y la Familia Prochloraceae.

Recientemente se han descubierto otros géneros de las **Prochlorophyta**: *Prochlorococcus* una forma cocoide muy pequeña de 1 μm de diámetro, abundante en el picoplancton marino del mar abierto, entre 50 a 100 m de profundidad, en aguas no muy claras. La otra es *Prochlorothrix hollandica*, especie filamentosa no ramificada que produce un masivo afloramiento en aguas salobres de los lagos de Netherlands.

Estudios comparativos de las secuencias del nucleótido en *Prochloron, Prochlorococcus* y *Prochlorothrix* indican que éstos tres géneros no están relacionados , por estas evidencias las Prochlorophyta no constituyen un grupo filogenético coherente.



5

DIVISIÓN CHLOROPHYTA

Esta División está representada por 560 géneros y 8,600 especies, conocidas generalmente como Algas Verdes, por su pigmentación verde brillante muy similar al de las plantas superiores, ya que en sus cromatóforos predominan las clorofilas **a**, **b** sobre el ß caroteno y la xantofila. Almacenan almidón como producto de reserva y su formación esta en íntima relación con la presencia de los pirenoides, estructuras especiales de los cloroplastos. La pared celular está generalmente constituida por celulosa. Las formas móviles, solitarias o coloniales, las zoosporas y los gametos, se movilizan por medio de 2 o 4 flagelos de posición anterior e iguales en longitud. La reproducción sexual es frecuente en este grupo de algas, la variedad es grande e incluye formas de isogamia, anisogamia y de oogamia. La reproducción asexual se da también en diferentes formas.

Muchas algas verdes habitan en agua dulce, aunque es común encontrarlas en la flora terrestre y algunos taxones son predominantemente marinos. Por la naturaleza de sus pigmentos y el producto de reserva, se encuentran más vinculadas a las plantas superiores terrestres que otros grupos de algas.

Siendo este grupo de algas tan extremadamente grande y diverso, los caracteres generales mencionados son los más sobresalientes.

5.1 ORGANIZACIÓN VEGETATIVA

Las algas verdes tienen una compleja variedad de formas, tamaño y organización estructural de su talo, más que las otras algas. Estas circunstancias nos obli-

gan a mencionar sólo algunos géneros o especies en forma particular, que nos proporcionan detalles importantes de cada grupo: detalles de construcción, basados en la forma vegetativa del talo.

5.1.1 FORMAS MÓVILES. Uno de los organismos más representativos de esta forma es *Chlamydomonas*, el más simple dentro de las Chlorophyta. Unicelular, de forma esférica, elipsoidal, o piriforme; con dos flagelos iguales y de posición anterior con los cuales se movilizan en el medio acuático dulce; su pared celular es de naturaleza celulósica; su protoplasto contiene un solo núcleo, un cloroplasto en forma de copa, o H, lleva un pirenoide; presenta además dos vacuolas contráctiles y un estigma o mancha roja en la región anterior.

La multiplicación del individuo se efectúa en la fase de reposo, el protoplasto se divide en 2, 4, u 8 partes, las que se rodean de una membrana, posteriormente desarrollan dos flagelos y se transforman en zoosporas exactamente parecidas a la célula madre pero de menor tamaño. Estas son liberadas por la ruptura, o gelatinización de la pared celular madre; una vez libres, aumentan de tamaño y se convierten en nuevos individuos.

Ocasionalmente un individuo móvil permanece en reposo, pierde sus flagelos y se divide en 2, 4 u 8 células hijas, que no adquieren su poder de movilidad, sino que continúan dividiéndose con una simultánea gelatinización de su pared celular, constituyendo así una masa, no definida, de sustancia gelatinosa en la cual permanecen las células resultantes: esta fase se denomina **palmeloide**. Más tarde, cada célula desarrolla su estructura flagelar y se individualiza.

En condiciones ambientales y protoplasmáticas aún no bien conocidas, ciertos individuos se reproducen sexualmente. Este proceso se hace manifiesto en muchas especies por una rápida agrupación de individuos. Se ha comprobado que en tales circunstancias los individuos se unen en pares: inicialmente en forma inconspícua y finalmente la pared celular en el punto de unión se disuelve y el protoplasto emerge gradualmente, uniéndose ambos, para formar el zigote. Con tinciones especiales se ha constatado la presencia de dos núcleos muy cercanos inicialmente, que se unen luego para formar uno solo.

Un modo más evolucionado que las formas móviles unicelulares lo tenemos en las formas coloniales de las *Volvocales*. La colonia móvil está integrada por un número determinado de células flageladas parecidas a *Chlamydomonas* todas unidas por un mucilago; la colonia se desplaza en el medio acuático por movimientos combinados de los flagelos de toda la colonia.

Pero la colonia no es un simple agregado de células, sino que en ella existe una coordinación propia de un organismo complejo. Una colonia móvil es un cenobio y tiene un número definido de células dispuestas en forma específica. Existen también conexiones protoplasmáticas. En las especies de *Volvox* y algunas otras formas coloniales, existen esas conexiones. Así mismo, se observa un gra-

dual aumento del tamaño y número de células en las colonias de las Volvocales: así *Paschierella* sólo tiene cuatro células dispuestas en dos hileras; a veces tiene dos células. *Gonium* tiene 4, 8 o 16 células formando una colonia plana, *Pandorina* tiene 4, 8, 16 o 32 células integrando una colonia esférica o elipsoidal. *Pleodorina* con 32, 64 o 128 células formando una colonia esférica, y finalmente *Volvox* 500 a 500,000 células constituyendo una colonia globosa o elíptica macroscópica.

En las formas coloniales existen también formas palmeloides amorfas; pero más frecuentemente se da la forma definida: en *Sphaerocystis* es redondeada; en *Tetraspora* cilíndrica y en*Palmodictyon* cilíndrico-ramificada. En las formas móviles el estado palmeloide que aparece ocasionalmente se interpreta como una situación previa a un estado reproductivo.

5.1.2 FORMAS COCOIDES. Gran número de algas verdes unicelulares, o coloniales presentan una vida sedentaria. Estos organismos, no móviles, derivan de un ancestro móvil como parece indicar, la frecuencia con que retornan a su fase móvil, tanto en la reproducción asexual como sexual.

Los géneros *Chlorococcum y Chlorella* son las formas unicelulares, no móviles representativas de las Chlorophyta. Tienen forma esférica, pared gruesa, firme y celulósica; el cloroplasto en forma de copa, con el pirenoide en su parte media. En las formas más avanzadas el cloroplasto es diferente: laminar irregularmente, discoidal y de posición parietal como en *Nephrocytium y Oocystis* respectivamente. Carecen de vacuolas y estigma, en razón de su vida sedentaria, aunque estas estructuras se encuentran en algunas formas.

Las células de las algas verdes cocoides tienen una gran variedad de formas:
Esféricas en *Chlorococcum, Chlorella*
Elipsoidales en *Oocystis*
Lanceoladas en *Characium*
Reniformes en *Nephrocytium*
Aciculares en *Ankistrodesmus*
Triangulares, cuadradas o poligonales en *Tetraedron*

En otros géneros las células se presentan unidas en colonias cenóbicas: *Crucigenia, Coelastrum, Scenedesmus, Sorastrum, Pediastrum, Hydrodictyon,* etc.

En la mayoría de los casos son uninucleadas, no obstante unas pocas son multinucleadas como *Pediastrum, Hydrodictyon.*

Las Desmidiaceas constituyen un grupo especializado de organismos unicelulares, sus células uninucleadas exhiben una extraordinaria variedad de formas y una maravillosa simetría y complejidad de contorno; la mayoría tienen dos mitades o hemicélulas. Viven generalmente solitarias, aunque en algunos casos se presentan en colonias filamentosas.

5.1.3 FORMAS FILAMENTOSAS. Las condición filamentosas en las algas verdes, es ya un avance importante en las formas unicelulares y se produce lo mismo que en las CYANOPHYTA por división celular en un solo plano, permaneciendo unidas las células hijas resultantes. Muchas formas más evolucionadas tal como se observa en *Ulothrix, Microspora, Oedogonium* están integradas en un cierto número de células, unidas unas a otras por sus extremos, en una sola serie.

La condición filamentosa más primitiva deriva de algún ancestro palmeloide, tal como *Palmodictyon*, presentan las células dispuestas en una hilera, separadas unas de otras por una sustancia gelatinosa parecidos a los filamentos de *Geminella.* Sin embargo hay quienes afirman que las formas filamentosas no derivan de las formas palmeloides, sino, que proceden directamente de una forma unicelular móvil, que tiene la facultad de reproducción vegetativa adoptando finalmente el hábito epifítico.

Las células de las formas filamentosas forman gradualmente una pared transversal al dividirse, y las células hijas permanecen unidas. Este tipo de división se conoce como división vegetativa.

El género *Ulothrix* presenta la forma más simple de filamento en las algas verdes. Las formas más avanzadas están representadas por *Cladophora, Draparnaldia, Stigeoclonium*, que son filamentosos, ramificados, resultado del desarrollo lateral de una o más células del talo, que necesariamente no han de ser las células apicales las que desarrollan, y se dividen igual que el eje principal.

Las células de muchas formas filamentosas ramificadas son semejantes tanto en el eje principal como en las ramas: así lo vemos en los géneros *Trentepohlia y Microthamnion*; o se diferencian notablemente como en las de *Draparnaldia, Stigeoclonium.*

Finalmente, muchas formas filamentosas ramificadas, o no ramificadas, son uninucleadas, a excepción de las Cladophorales que son multinucleadas.

5.1.4 FORMAS HETEROTRICAS. Las formas filamentosas ramificadas, en algunos casos se diferencian marcadamente en una porción postrada y otra erguida; principalmente entre los miembros de las Chaetophorales.

En algunos géneros, como *Stigeoclonium*, ambas posiciones están visiblemente desarrolladas, pero en otros, sólo en uno de ellos se nota mejor mientras que el otro está poco desarrollado, o casi ausentes. Así en *Coleochaete*, la porción postrada es una capa discoidal, aplanada, y está mejor desarrollada, que en la porción erguida, que esta reducida a unos escasos pelos incoloros; en *Chaetophora* la porción postrada está menos desarrollada y en *Draparnaldia* totalmente suprimida.

5.1.5 FORMAS LAMINARES. Estas formas, como las que se observan en los géneros *Ulva, Monostroma, Enteromorpha, Prasiola,* se originan como resul-

tado de la división celular en más de un plano. Inicialmente su desarrollo empieza presentando una forma filamentosa simple, transformándose posteriormente en una estructura laminar expandida.

5.1.6 FORMAS SIFONÁCEAS O CENOCÍTICAS. En muchas Chlorophyta, principalmente marinas, el cuerpo de la planta se alarga y se hace multinucleado, sin presentar ninguna septación. Esta condición tiene su máxima expresión entre las Siphonales, donde se dan formas más extraordinarias de talo sifonáceo.

He aquí algunos géneros representativos:

Protosiphon representa la forma terrestre más simple de talo sifonáceo, su talo vesicular, pequeño, está fijo al substrato por medio de la porción rizoidal, ramificada e incolora. Probablemente este género deriva de algún miembro de las **Chlorococcales**.

En el ambiente marino el género *Halicystis* representa la forma más simple, vive epifíticamente sobre las algas rojas. Su talo verde vesicular alcanza 1cm o más de diámetro, que se continúa en la parte inferior con un rizoma corto, tuberoso, cubierto por la costra calcárea del alga roja.

En *Valonia* el talo es vesicular, adherido al substrato por numerosos rizoides unicelulares, que se originan de células pequeñas situadas en la base de la parte vesicular; dichas células desarrollan en ramas similares a la vesícula principal y aún vuelven a ramificarse.

En *Dasycladus, Acetabularia*, etc., la vesícula primaria es cilíndrica y está adherida al substrato por medio de rizoide ramificados, no septados. De la vesícula cilíndrica se originan ramificaciones de segundo y tercer orden, conservándose la condición cenocítica en toda la planta.

En *Bryopsis* el talo filamentoso, ramificado y no septado. Presenta una porción rizoidal postrada y un eje axial con ramas de varios ordenes.

En *Caulerpa* el talo es cenocítico presenta una porción rizomatosa, adherido al substrato por medio de rizoides ramificados; la porción erecta asimilatoria, tiene generalmente un eje axial cilíndrico, del que se originan ramas laterales de forma variada en toda su longitud.

Finalmente, en *Codium* el talo es pseudoparenquimatoso, cilíndrico y ramificado, constituido por numerosas células ramificadas y aglomeradas que se llaman **utrículos**. Estos se disponen radialmente con respecto al eje axial formando una capa en palizada.

En *Halimeda* las células cenocíticas ramificadas al igual que las de *Codium*, constituyen un talo por segmentos aplanados, redondeados, cordiformes o reniformes, fuertemente calcificadas los cuales están unidos por segmentos no calcificados.

5.2 ORGANIZACIÓN CELULAR

Considerando la gran variabilidad de organización estructural en las algas verdes, es mejor tratar cada aspecto separadamente.

5.2.1 PARED CELULAR. Pocas Chlorophyta primitivas tienen un protoplasto desnudo, la gran mayoría sin embargo presentan un protoplasto cubierto por una pared celular definida, la cual resulta como secreción del propio protoplasto.

Aún cuando no existe una pared celular definida, la porción exterior del protoplasto es rígida y la célula conserva su forma característica.

La pared celular está compuesta por dos capas, la más interna principalmente es celulósica, y presenta una estructura homogénea; la capa externa es de naturaleza pectínica, y es soluble en agua, en la que se disuelve progresivamente, aunque existe al mismo tiempo una continua adición desde la pared interna, conservándose su espesor constante.

Además de las dos capas anteriormente mencionadas, en algunos grupos de las algas verdes se observa otra, de naturaleza diferente. En *Cladophora* y *Oedogonium* existe una tercera capa de naturaleza quitinosa en la parte más externa que protege e impide la disolución de la capa pectínica.

En las *Siphonales*, la capa interna no es celulósica, sino de calosa y externamente está impregnada por carbonato de calcio. En otras clorofíceas existe una capa externa fina, notoriamente definida y más resistente a muchos reactivos: la cutícula, que no es idéntica a la de las plantas superiores.

En las **Desmidiáceas**, la membrana pectínica está impregnada por compuestos de hierro; externamente a ella hay una capa mucilaginosa secretada a través de muchísimos poros transversales de las dos membranas. Esta capa mucilaginosa, angosta o amplia, es difluente, está en continua secreción, y su relación con el medio ambiente acuoso permite a las Desmidiaceas ligeros movimientos.

5.2.2 PROTOPLASTO. El protoplasto presenta generalmente una gran vacuola central, la cual está frecuentemente entrecruzada por hilos citoplasmáticos. El citoplasma está delimitado a la cara interna de la pared celular. En las formas vacuoladas existe una membrana vacuolar rodeando la vacuola.

Las vacuolas grandes están ausentes en muchas formas sub- aéreas como *Trentepohlia, Pleurococcus, Prasiola*, que habitan ambientes de escasa humedad. También están ausentes en muchas **Volvocales** y **Chlorococcales**.

Las células vegetativas de *Hydrodictyon* presentan numerosas vacuolas pequeñas, que gradualmente aumentan de tamaño, formándose dos o más vacuolas grandes al unirse unas con otras. A veces se unen muchas para constituir una gran vacuola central entrecruzada por hilos citoplasmáticos, como en *Spirogyra*.

Por otro lado, gran número de formas coloniales de las **Volvocales** presentan conexiones intercalares protoplasmáticas, las cuales no han sido observadas en las formas más evolucionadas.

En algunos géneros como *Closterium, Acetabularia y Caulerpa* se ha podido observar desplazamientos protoplasmáticos en dirección definida.

5.2.3 CLOROPLASTOS. Estas estructuras constituyen la parte más importante de la célula en las algas verdes.

Muchas células viejas de *Scenedesmus, Hydrodictyon* y otras algas, parece que tuvieran el pigmento difundido en el citoplasma; pero en las células jóvenes todas ellas se observan cloroplastos bien definidos.

La forma de los cloroplastos es extremadamente variada, de género a género y aún en las especies. El cloroplasto en forma de copa, es característico en muchas especies de *Chlamydomonas* y también se observa en muchas **Volvocales** y **Tetrasporales**. Pudiéramos decir que esta forma de cloroplastos es la más frecuente en las Chlorophyta menos evolucionadas, corroborando así la idea de ser las más primitivas.

Las formas más evolucionadas en cambio, como las **Ulotrichales** presentan cloroplastos laminares, enteros o perforados, y de posición parietal. Muchas formas filamentosas de células grandes como las **Cladophorales** presentan un cloroplasto grande, reticulado, situado parietalmente en toda la longitud de la célula.

En pocas formas los cloroplastos son axiales y estrellados como en *Mougeotia, Zygnema*. Las **Siphonales** presentan un gran número de cloroplastos pequeños, discoidales y ubicados en la porción periférica del citoplasma. El grupo de la **Desmidiáceas** presentan los cloroplastos más sobresalientes y la diversidad es casi infinita de género a género y aún de especie a especie.

El pigmento de los cloroplastos es muy similar al de las plantas superiores y está constituida por clorofilas a, b, ß y α caroteno y varias xantófilas como la luteina, violaxantina, zeaxantina, neoxantina, sifonoxantina y sifoneina.

En pocas algas verdes como en *Trentepohlia*, la clorofila está enmascarada por un pigmento rojo: el hematocromo. La «nieve roja» de las montañas y regiones polares que presenta *Chlamydomonas nivalis* se debe también a la presencia de hematocromo enmascarando la clorofila de sus cloroplastos.

5.2.4 PIRENOIDES. El cloroplasto de muchas algas verdes contienen

pirenoides. Están ausentes en pocos géneros como *Microspora*. El pirenoide consiste en una pared central proteica, no cristaloide, viscosa, coloreable intensamente con colorantes nucleares y una parte externa formada por acumulación de almidón.

Las células pequeñas con cloroplastos pequeños tienen generalmente un pirenoide; sin embargo en idénticas situaciones, existen muchos pirenoides como en *Carteria, Endorina*. Las células con cloroplastos grandes tienen muchos pirenoides, distribuidos irregularmente como en *Hydrodictyon, Cladophora, Mougeotia*, o en series lineales como en *Closterium, Spirogyra, Spirotaenium*, etc.

Los pirenoides están considerados como estructuras especiales, íntimamente relacionadas con la formación de almidón. Otros, en cambio, los consideran simplemente como masas de reserva proteica.

En cultivos puros de algas verdes, se ha comprobado que, es evidente el papel del pirenoide en la formación de almidón. Cuando las células son mantenidas en una oscuridad total, pero en presencia de glucosa, o algunos carbohidratos simples existe acumulación de almidón alrededor del núcleo proteico. Esto parece que demuestra la existencia de la división de trabajo en los plastidos de las algas verdes. El papel atribuido a los pirenoides no está aún totalmente conocido.

5.2.5 NÚCLEO. Todas las algas verdes presentan un núcleo claramente organizado, poseen una membrana nuclear definida, uno o más nucléolos y una red cromática embebida en el jugo nuclear. Se ha observado la división mitósica en la mayoría de las Chlorophyta, lo mismo ocurre en las plantas superiores.

Muchas algas verdes son uninucleadas en su fase vegetativa, pero el número de ellos aumenta inmediatamente antes de iniciarse la formación de elementos asexuales o sexuales: zoosporas o gametos, como en el caso de *Pediastrum*. En otros casos el aumento de ellos es progresivo durante la vida vegetativa de las células, tal como sucede en *Hydrodictyon, Cladophora, Rhizoclonum*.

5.2.6 FLAGELOS. Muchas formas móviles de la Volvocales, las formas asexuales y sexuales de reproducción; zooporas y gametos, se movilizan por medio de sus flagelos.

La mayoría presenta dos flagelos como *Chlamydomonas*, unas pocas poseen cuatro flagelos como *Carteria y Polyblepharides* tiene muchos.

Las zoosporas poseen generalmente dos o cuatro flagelos, mientras que los gametos tienen solamente dos. Las zoosporas de *Oedogonium y Derbesia* en cambio, poseen un mechón de flagelos en su extremo anterior.

El flagelo estructuralmente está constituido por un filamento axial, rodeado en gran parte por un estuche citoplasmático y el extremo desnudo termina abruptamente. El flagelo de las células vegetativas de los **Volvocales** están íntima-

mente conectadas con un cuerpo basal, existiendo además, otras estructuras relacionadas con esta importante estructura de movilidad.

5.2.7. ESTIGMA O MANCHA ROJA. Esta estructura fotoreceptiva está presente en las formas móviles unicelulares o coloniales y también en los gametos y zoosporas de las formas no móviles. Su presencia está íntimamente relacionada con el movimiento del flagelo y se presume tenga relación con el cuerpo basal de aquel. Por otro lado se considera como estructura para la recepción, pero no es fácil de entender, cómo algunas formas móviles incoloras que carecen de tal estructura se comporten como fototácticas.

El estigma es de contorno circular, oval, o sublineal, y su color varía del rojo-anaranjado al rojo-marrón. Se sitúa generalmente cerca de la base del flagelo, pero también puede ubicarse en la porción ecuatorial o posterior de una célula.

5.3 REPRODUCCIÓN

Esta función considerada básica en la perpetuación de las especies y estudiadas mayormente en las plantas superiores, tiene su inicio de comprensión en los estudios que se efectúan en los grupos más inferiores. En este sentido, son las algas verdes, las que nos permiten tratar aspectos muy importantes de este asunto: como la relación de la división celular con la reproducción, el origen posible de los gametos, la formación del zigote, el proceso de la meiosis y el concepto de la alternancia de generaciones.

5.3.1 DIVISION CELULAR. La división celular vegetativa, es un fenómeno que se da en todos los órdenes de las Chlorophyta, y ocurre tanto en las células uninucleadas como en las multinucleadas. La división es intercalar en muchas formas filamentosas no ramificaciones como *Oedogonium y Chaetomorpha*, en las que todas las células del filamento tiene la capacidad de dividirse, excepto la célula basal. En los géneros filamentosos ramificados, como *Cladophora,* la división intercalar está restringida a la porción terminal de las ramas aunque no necesariamente a la célula apical.

En las células uninucleadas la citoquinesis está precedida por una división mitósica del núcleo; en las células cenocíticas existe o no división nuclear antes de la división celular. En el proceso de la división celular generalmente se forma una pared transversal separando las células hijas; sin embargo hay gran variedad en el tiempo y método de su formación.

Después de la formación de la pared transversal se observa una completa división del protoplasto como en *Microspora y Oedogonium.* En otros casos la citoquinesis está acompañada por una división transversal del cloroplasto, como en *Spirogyra, Mougeotia,* o longitudinal como en *Chlamydomonas.* En los géneros como muchos cloroplastos como *Bryopsis*, los cloroplastos se dividen simplemente.

Se ha comprobado que el proceso de división nuclear y celular ocurre generalmente durante el día, aunque en muchos otros casos, este fenómeno se presenta en la noche. En este último caso el proceso está relacionado con la gran acumulación de sustancias de reserva, resultado de la actividad fotosintética del día.

5.3.2 REPRODUCCIÓN VEGETATIVA. Muchas algas verdes coloniales, aumentan su tamaño como resultado de la división celular, pero éste hecho no contribuye a la formación directa de nuevos individuos.

La fragmentación del talo en dos o más partes frecuente en las formas filamentosas como *Microspora,* es consecuencia de la acción de factores externos accidentales, o factores biológicos como la formación de zoosporas y gametos en ciertas partes del filamento. Cada porción, puede desarrollar un individuo independiente.

Algunos géneros como *Stichococcus, Spirogyra,* muestra una marcada tendencia a separarse en células individuales o filamentos cortos de pocas células; éstos desarrollarán posteriormente para convertirse en filamentos largos. En *Caulerpa* el único método de propagación conocido hasta hace poco fue la separación de porciones que desarrollaban en plantas individuales.

5.3.3 REPRODUCCIÓN ASEXUAL. En este tipo de reproducción, el método más común se realiza por medio de zoosporas. Estas se forman generalmente en células vegetativas ordinarias, las cuales no se diferencian en ningún modo de las otras células, pero en pocos casos, como en *Trentepohlia* las zoosporas sólo se forman en esporangios especiales, diferentes en forma de las demás células del alga. En las **Hydrodictyaceae** todas las células vegetativas de la colonia son capaces de producir zoosporas. En otros casos, este poder de formación de zoosporas está restringido a ciertas células, como se observa en las formas filamentosas ramificadas como *Cladophora* donde sólo las células jóvenes y vigorosamente desarrolladas se comportan como zoosporangios.

Cuando las colonias tienen sus células vegetativas potencialmente capaces para producir zoosporas, es raro encontrarlas a todas ellas formando simultáneamente zoosporas; más bien, se presentan en células distintas como *Pediastrum.*

El número de zoosporas formadas dentro de un zoosporangio varía de una a muchas; el primer caso es el más simple como en *Microspora y Oedogonium*; el segundo, es un proceso más complicado y puede ocurrir en una variedad de formas: dos, cuatro u ocho como en *Ulothrix*, o muchas como en *Cladophora e Hydrodictyon.* Cuando la célula vegetativa es uninucleada, la división nuclear está seguida por la división del protoplasto en dos protoplastos uninucleados, y estos a su vez se dividen sucesivamente dos o tres veces. El número de zoosporas resultantes son siempre múltiple de dos: 4, 8, 16 - 32, etc. La condición multinucleada precede a la formación de zoosporas, como resultado de una división nuclear simultánea durante el desarrollo de la célula tal como ocurre en *Hydrodictyon, Pediastrum.*

Las zoosporas son liberadas a través de un poro apical o lateral formado en la pared celular del zoosporangio por un proceso de gelatinización como *Cladophora*; otras veces, la gelatinización es completa como en *Microspora*, o la pared celular del zoosporangio se separa en dos mitades, iguales o desiguales, como se observa en *Oedogonium*. En muchos casos las zoosporas cuando son liberadas están rodeadas generalmente por una delicada película la cual se disuelve al tiempo y las zoosporas quedan ordenadas como una colonia nueva como en *Pediastrum*.

Muchas algas verdes producen zoosporas bi o cuadriflageladas; en cambio, las **Oedogoniaceae** y **Derbesiaceae**, presentan zoosporas con un mechón de flagelos en la parte anterior, llevando además cloroplastos, núcleo, vacuolas y estigma. Su capacidad de movilidad depende de las especies y de las condiciones ambientales como la luz y temperatura.

Las zoosporas que han cesado de movilizarse, descansan generalmente sobre algún objeto sólido presente en el agua. La planta unicelular resultante se adhiere al substrato por medio de sustancias pécticas, o por medio de procesos rizoidales, como lo observado en *Oedogonium*. En algunos casos las zoosporas flotan libremente y pierden sus flagelos, engrosando su pared celular; en tales condiciones, permanecen en reposo hasta el momento propicio para originar una nueva planta.

Ciertos géneros de las algas verdes forman regularmente aplanosporas, que vienen a ser como una zoosporas que han perdido la capacidad de moverse. Cuando las aplanosporas tienen la misma forma de la célula madre, se denomina **autosporas**, al ser liberadas se separan y forman nuevos individuos como en *Chlorella*, o permanecen unidas en **autocolonias** dispuestas de un modo específico como en *Scenedesmus*.

La formación de esporas en reposo como los akinetos de *Pithophora y Chaetophora*, podrían ser consideradas como zoosporas modificadas o un estado en la formación de ellas, también pueden ser consideradas como resultado de la modificación de una célula vegetativa en condiciones ambientales desfavorables Los akinetos dan origen directamente a nuevas plantas, o germinan produciendo cierto número de zoosporas que luego son liberadas del modo antes indicado.

5.3.4 REPRODUCCIÓN SEXUAL. En todos los grupos de la Chlorophyta, se observan el fenómeno de la reproducción sexual como resultado de un aumento en el desarrollo vegetativo y el almacenamiento de sustancias de reserva en sus células.

Los gametos son casi similares a las zoosporas en estructuras y proceso de formación; sólo se diferencian por su menor tamaño y por ser biflagelados.

Los gametos son generalmente uninucleadas, desnudos o con una fina pa-

red como en *Chlamydomonas*. Los más simples y primitivos son los **isogametos** presentes en la mayoría de las Chlorophyta; en *Chlamydomonas* por ejemplo, algunos individuos bajo ciertas condiciones ambientales y dan lugar a los isogametos que se unen en pares, denominándose a este hecho **isogamia.** El zigote formado aumenta de tamaño,engrosa su pared y descansa luego de este período, previa meiosis germina dando lugar a 4 - 8 células vegetativas móviles. En otras especies del mismo género es frecuente observar la unión sexual de individuos de tamaño diferente: los **heterogametos** o **anisogametos** y el fenómeno es la heterogamia o **anisogamia**. Por analogía con la reproducción sexual en animales el gameto pequeño se considera como masculino y el más grande como femenino. Finalmente en otras especies de *Chlamydomonas*, los gametos muestran un marcado dimorfismo. Un gameto es grande y no móvil, el otro en cambio, es pequeño y móvil y se forma en un número mayor dentro de la célula madre. Este caso especial de heterogamia se conoce como **oogamia**. El gameto grande e inmóvil es la **ovocélula** huevo y el pequeño es el **anterozoide**.

Isogamia, anisogamia y oogamia representan una serie progresiva en la diferenciación de los gametos. Estas series han dado lugar a la consideración de varias líneas filogenéticas independientes en las algas verdes. En algunos casos, se ha correlacionado el paso de la isogamia a la oogamia paralelamente con el crecimiento de complejidad en la estructura vegetativa; pero este hecho no está demostrado, ni siquiera en el género *Chlamydomonas*, en el que se han observado las tres formas de reproducción sexual, sin que haya una mayor complejidad en su organización vegetativa unicelular y solitaria.

Por otro lado, el estudio de algunas algas verdes en cultivos unialgales ha permitido observar que los gametos que se originan en una misma célula madre, o gametangio, se fusionan entre sí; estas especies son **monoicas** u **homotálicas**. Otras especies en cambio, son **dioicas** o **heterotálicas** y los gametos sólo se unen cuando proceden de gametangios diferentes sin relación de parentesco con respecto a la planta en que se forman.

En las **Volvocales** coloniales se sabe que *Gonium y Pandorina* son isógamas, *Eudorina* anisógama y *Volvox* oógama.

Todas las células que producen gametos se denominan gametangios, pero este término se emplea generalmente cuando las células productoras de gametos se diferencian morfológicamente de las células vegetativas, como se observa en todas las formas oogámicas de las algas verdes. El gametangio masculino, o anteridio, difiere del gametangio femenino, u oogonio.

En las Chlorophyta isógamas, o anisógamas, los gametos son generalmente liberados del gametangio, y la formación del zigote ocurre fuera de la planta. En pocos casos, como en *Coleochaete*, la ovocélula queda retenida dentro del oogonio y aumenta de tamaño en la misma planta, posteriormente dará lugar a 8-3-2 zoosporas biflageladas.

Dentro de las algas verdes, las **Zygnematales**, constituyen un grupo particular en relación a su reproducción sexual. Los gametos carecen de flagelos, denominándoseles **aplanogametos**, y existen algunas variantes en el modo de unión y en los pasos previos a la fusión de ellos. En la mayoría de las células que se comportan como gametangios se forman una conexión tubular como en las Zygnemataceae. Algunas, como *Zygnema, Mougeotia,* son verdaderamente isógamas y los gametos se encuentra y fusionan en el tubo de conjugación. Otras como *Spirogyra* se comportan como isógamas morfológicamente, pero fisiológicamente son anisógamas; un gameto es activamente ameboide y el otro es pasivo.

Muchas Desmiadiaceas no forman tubo de conjugación entre las células que se unen, siendo liberados los gametos en la pared celular del gametangio después de la fusión de ambos.

La Oogamia es muy notoria en muchos grupos de las algas verdes. En la Oedogoniales, la oogamia alcanza su máxima expresión Las plantas de *Oedogonium* son monoicas, o dioicas. En algunas especies dioicas tanto la planta masculina (**macrandra**) como la femenina, son del mismo tamaño, pero en otros casos las plantas masculinas (**nanandras**) son extremadamente pequeñas o está representada por filamentos cortos de pocas células. El oogonio contiene una simple ovocélula: en cambio, cada anteridio forma dos anterozoides, o sólo uno como en el anteridio nanandro.

Entre algas verdes se han registrado casos de partenogénesis, debido a que muchos gametangios, sin haberse fusionado previamente con otros de sexo opuesto, han dado origen a nuevas plantas, o a formas en reposo semejantes a los zigotes. Así en las Zygnemataceae como *Mougeotia,* los gametos se transforman partenogenéticamente en cuerpos parecidos a zigotes: las partenosporas.

5.3.5 TIPOS DE CICLOS DE VIDA. Entre las Chlorophyta, se pueden observar los ciclos de vida siguientes:

El ciclo de vida más simple es el que se observa en las formas unicelulares móviles de *Chlamydomonas,* en ellas hay una alternancia de fases haploides representadas por las células vegetativas, zoosporas y gametos, y la fase diploide representado por el zigote. Este ciclo vital es monogenético haploide.

En las formas multicelulares, como *Spirogyra,* las plantas son haploides: los gametos, al fusionarse, forman el zigote diploide; este zigote produce zoosporas que dan origen a plantas haploides.

La alternancia se efectúa entre una planta multicelular haploide y un zigote unicelular diploide. Las plantas que tienen este tipo de ciclo vital monogenético haploide se denominan **haplontes**.

Otro ciclo de vida es el monogenético diploide, está representado por plantas diploides como *Oedogonium* que producen gametos haploides; al fusionarse forman un zigote diploide, del que se originan una planta igualmente diploide. Los gametos representan la fase haploide, en el ciclo vital de plantas diploides de las dos generaciones. Las plantas que tienen este tipo de ciclo vital se denomina diplontes.

Un tercer tipo de ciclo de vida digenético haplodiploide, está representado por plantas, externamente similares. La fase haploide de gametos que al unirse forma un zigote diploide, que desarrolla en una planta diploide. La reducción cromática se efectúa antes de la formación de las zoosporas que originan plantas haploides; la otra fase es diploide y produce zoosporas que desarrollan en plantas haploides. Este tipo de ciclo vital muestra una alternancia de generación isomórfica, como en *Ulva, Enteromorpha, Cladophora.*

Finalmente otro tipo de ciclo de vida es el digenético haplodiploide con alternancia heteromórfica como en algunas especies de *Monostroma.* Así en M. *grevillei* la generación diploide está representada por una pequeña planta unicelular, semejante a *Codium,* esta origina las zoosporas cuadriflageladas que a su vez dan lugar a los gametofitos laminares haploides, que al reproducirse origina los gametos haploides completando el ciclo vital con alternancia heteromórfica.

5.4 HABITAT

Las algas verdes al igual que las algas azul-verdes tienen amplia distribución. No debe sorprender encontrarlas prácticamente en todas las colecciones representadas al menos por algunos ejemplares.

Los integrantes de esta División principalmente de agua dulce, aunque cierta cantidad de ellas habitan en ambientes marinos, otros viven en hábitats terrestres.

Las formas de agua dulce, se encuentran en las más variadas situaciones y se dan en todos los ambientes donde hay alguna humedad y luz disponible como en lagunas, lagos, charcos, temporales o permanentes, ríos, riachuelos, canales, cataratas, etc. En ambientes semiacuáticos constituyendo masas mucosas como *Mesotaenium, Cosmarium*; sobre tierra húmeda, pared o corteza de árboles como *Hormidium y Stichococcus*; o a 50 centímetros de profundidad de la superficie de la tierra como *Chlorococcum.*

Muchas viven adheridas a varios substratos en el ambiente acuático; las hay como las Chaetophorales que son epífitas por lo general de plantas fanerógamas acuáticas. Las formas filamentosas como las Zygnemataceae, *Oedogonium, Cladophora* y otras viven flotantes en grandes cantidades en la superficie de aguas quietas, frecuentemente entrecruzadas con otras formas unicelulares, o coloniales, microscópicas.

Las formas pequeñas como las **Volvocales, Chlorococcales** y Desmidiaceae tienen una vida planctónica. En general, las Chlorophyta planctónicas son muy abundantes en el plancton de agua dulce durante la primavera y el otoño, no faltando en las demás estaciones por lo que es posible encontrarlas en toda colección hecha en cualquier tiempo.

Se ha registrado también, la presencia de Chlorophyta viviendo en la nieve a la que da un color rojo, o verde, como en el caso de *Chlamydomonas nivales* y *Chlamydomonas yellownstonesis* respectivamente.

Las especies marinas viven frecuentemente adheridas a las rocas en la zona de rompientes, como *Cladophora, Chaetomorpha, Ulva y Enteromorpha*, o sobre otras algas de mayor tamaño. Desarrollan también en el fondo arenoso de estuarios de aguas tranquilas como *Caulerpa, Penicillus* en los mares tropicales.

Se encuentra también en condiciones fisiológicas muy difíciles como en los lagos costeros salinos cuya agua tiene una concentración de sal de 2 a 15 veces mayor que en el agua de mar. En estos ambientes desarrollan,en suficiente abundancia, géneros como *Dunaliella* y *Stephanoptera*,que colorean el medio salino de un verde brillante.

Algunas algas verdes viven en relación con otros organismos vegetales o animales. Daremos algunos ejemplos para demostrar este hecho.

En relación con plantas:

-*Chlorochytrium lemnae* habita en los espacios celulares de *Lemna*.
-*Phylobium sphagnicolum* viven en hojas de *Sphagnum*.
-*Rhodochytrium spilanthidis* viven en las hojas de *Ambrosia artemisaefolia*.
-*Cephaleuros* en las hojas de *Thea* «té», *Piper, Magnolia* u otras plantas tropicales.

En relación con los animales:

-*Gomontia perforans* en la valva de moluscos.
-*Chlorella* en relación con la *Hydra*.
-*Trebouxia* forman parte de muchas especies de líquenes.

Las relaciones de los géneros nombrados van desde un simple «parasitismo de espacio» a un parasitismo verdadero, o a simplemente una asociación.

5.5 IMPORTANCIA ECONÓMICA

El significado económico directo o indirecto de las algas verdes, tiene igual paralelo con la diversidad de este grupo taxonómico. Así, en primer lugar y gracias a su fácil cultivo en el laboratorio especies de *Chlamydomonas* y *Chlorella* han sido elegidas como organismos experimentales para investigaciones sobre aspectos estrictamente biológicos como la estructura de la pared celular, de los flagelos,

cloroplastos, núcleo y otras inclusiones, así como aspectos fisiológicos del proceso fotosintético y la reproducción.

Por otro lado diversas especies de algas verdes son usadas en la alimentación humana, así entre las microalgas de alto valor proteico tenemos especies de *Chlorella y Scenedesmus* que son cultivadas masivamente y con éxito en diversas partes del mundo, por ejemplo en Taiwán el cultivo de *Chlorella* supera a las 1,000 TM anuales. Otra microalga de cultivo intensivo es *Dunaliella* para la obtención de glicerol y ß-caroteno, productos de gran demanda mundial.

Del mismo modo, se sabe que varias especies de macroalgas marinas de los géneros *Ulva, Monostroma* y *Enteromorpha* son usadas como alimento humano en diversos países, cosechadas directamente de poblaciones naturales o de cultivos artificiales. El uso de estas especies se justifica como fuente de vitaminas A, B_1 y C.

En algunas localidades, como en Hawai e islas circundantes bajo el nombre colectivo de «limu» referido a las algas comestibles junto con peces y mariscos se reconoce el uso y comercialización hasta el presente de especies como:

Ulva fasciata «limu papahapaha»
Enteromorpha prolifera «limu ele»
Codium edule «limu wawae iole»
Caulerpa clavifera «limu fua»

En China y principalmente en Japón se cultiva comercialmente para consumo humano *Monostroma latissima* (1,500 TM seca al año) y *Enteromorpha prolifera* y *E. compressa* (1,000-1,200 TM seca al año) conocidas bajo el nombre de «aomori».

En otras localidades como Okinawa (Japón) y Filipinas se consumen al estado fresco varias especies y variedades de *Caulerpa* siendo la más importante *Caulerpa lentillifera* conocida como «caviar verde» o «uva marina». También podemos señalar el significado económico que tienen algunas especies de algas verdes en relación con su hábitat, así, hay especies de *Enteromorpha* y *Ulothrix* que proliferan sobre la superficie externa de las embarcaciones marinas, ocasionando una erosión progresiva, considerándose como resistentes aún al cobre presente en la pintura marina usada. En los cuerpos de aguas continentales, la calidad del agua - proceso de eutroficación y disponibilidad de oxígeno - así como el grado de contaminación ácida o por metales como consecuencia de la actividad humana puede ser reconocida por la presencia de determinadas especies de algas, en este último caso por ejemplo por la proliferación de *Ulothrix*, *Microspora*, *Mougeotia*, entre otras.

5.6 CLASIFICACIÓN

Las investigaciones cada vez más intensas de los últimos años, a nivel ultraestructural y otras investigaciones igualmente refinadas, han dado lugar a puntos de vista cambiantes sobre la filogenia de las Chlorophyta y consecuentemente a nuevos criterios de clasificaciones a nivel de las categorías mayores: Clases y Ordenes.

Entre las diversas propuestas de clasificación están la de Kornmann (1973) quien propuso una nueva Clase: **Codiolophyceae**, la de Fott (1974) quien reconoció entre las nueve Clases de algas eucarióticas, tres Clases de las **Chlorophyta**: **Chlorophyceae, Conjugadophyceae** y **Charophyceae**, Stewart y Mattox (1975) reconocieron sólo dos Clases: **Chlorophyceae** y **Charophyceae**, Pickett-Heap (1975a, 1975b) Stewart y Mattox (1978), Sluiman et al. (1980) y Sluiman (1989) reconocieron tres Clases: **Chlorophyceae**, **Ulvophyceae** y **Charophyceae**. Del mismo modo, Silva (1982) considera a las **Chlorophycota** con tres Clases con sus respectivos Ordenes en base a sus respectivas líneas evolutivas, así:

Chlorophyceae: **Chlorosarcinales, Microsporales, Oedogoniales** y **Chaetophorales.** Implícitamente incluye en esta Clase a las **Volvocales, Tetrasporales** y **Chlorococcales.**
Ulvophyceae: Ulotrichales, Ctenocladales, Ulvales, Acrosiphoniales, Cladophorales, Siphonocladales, Bryopsidales, Dasycladales, posiblemente **Cylindrocapsales, Prasiolales** y **Sphaeropleales.**
Charophyceae: **Chlrokybales, Klebsormidiales, Zygnematales, Trentepholiales, Coleochaetales** y **Charales.**

Mattox y Stewart (1984) consideran cinco Clases: **Micromonadophyceae, Charophyceae, Ulvophyceae, Pleurastophyceae** y **Chlorophyceae**. Van den Hoek, Mann y Jahns (1995) subdividen a las Chlorophyta en once Clases: **Prasinophyceae, Chlorophyceae, Ulvophyceae, Cladophorophyceae, Bryopsidophyceae, Dasycladophyceae Trentepohliophyceae, Pleurastrophyceae, Zygnematophyeae, Klebsormidiophyceae** y **Charophyceae.** La propuesta de estas Clases están basadas en numerosas investigaciones citológicas comparadas: la estructura y organización de los flagelos, diferencias entre la cariocinesis y citocinesis (**ficoplasto**), plasmodesmo y pirenoides, llevada a cabo en diferentes formas multicelulares de estas algas.

Luego de esta resumida exposición sobre la clasificación de las algas verdes, en este trabajo, seguimos a Bold y Wynne (1985) y consideramos a las **Chlorophyta** con una sola **Clase**: **Chlorophyceae**, con los siguientes **Ordenes**: **Volvocales, Chlorosarcinales, Tetrasporales, Chlorococcales, Ulvales, Sphaeropleales, Oedogoniales, Ulotrichales, Chaetophorales, Trentepohliales, Cladophorales, Acrosiphoniales, Siphonocladales, Dasycladales** y **Caulerpales**.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LOS ÓRDENES

1. Generalmente unicelulares o coloniales 2
 2. Móviles, con 2, 4 u 8 flagelos anteriores e iguales; con un cloroplasto parietal en forma de copa o distinta, con un pirenoide .... **VOLVOCALES**
 2'. No móviles; con un cloroplasto laminar parietal 3
3. Presenta «desmoquisis» o división celular vegetativa que da lugar a formas parenquimatosas .... **CHLOROSARCINALES**
3'. No presenta «desmoquisis», sino «eleuteroquisis» 4
 4. Individuos incluidos en un mucílago común .... **TETRASPORALES**
 4'. Individuos no incluidos en un mucílago común .... **CHLOROCOCCALES**
1'. Generalmente pluricelulares filamentosos, laminares,tubulares y cenocíticos 5
5. Filamentosos 6
 6. Generalmente ramificados. 7
7. Heterotricos 8
 8. Con zoosporangios y gametangios. .... **TRENTEPOHLIALES**
 8'. Sin zoosporangios, ni gametangios .... **CHAETOPHORALES**
7'. No heterotricos 9
9. Con cloroplasto parietal reticulado, apertura de los zoosporangios y gametangios por fisuras o poros no operculados 10
 10. Con crecimiento intercalar o apical. Isógamas .... **CLADOPHORALES**
 10'. Con crecimiento por medio de bandas intercalares en el extremo distal de cada célula Oógamas .... **OEDOGONIALES**
9' Con cloroplasto parietal laminar perforado; apertura de los zoosporangios o gametangios por poros operculados. .... **ACROSIPHONIALES**
 6'. No ramificados 11
11. Se reproducen por conjugación de gametos ameboides, formados en los individuos unicelulares o pluricelulares .... **ZYGNEMATALES**
11'. No se reproducen por conjugación 12
 12. Células uninucleadas, con protoplasto no vacuolado. .... **ULOTRICHALES**
 12'. Células multinucleadas, con protoplasto vacuolado. **SPHAEROPLEALES**
5'. Laminar, tubular o cenocítico. 13
13. Laminar o tubular, monoestromático, biestromático; célula uninucleada, con cloroplasto laminar parietal .... **ULVALES**
13'. Cenocítico, con cloroplastos discoidales o lenticulares 14
 14. Simétricas radialmente, con ramas verticiladas. .... **DASYCLADALES**
 14'. No simétricas radialmente 15
15. Presenta «división segregativa» .... **SIPHONOCLADALES**
15'. No presenta «división segregativa»; con variada morfología ..... **CAULERPALES**

ORDEN VOLVOCALES

Las Volvocales, comprende a las Algas Verdes unicelulares y coloniales flageladas; móvil durante toda su existencia vegetativa, o durante una fase de su ciclo de vida.

Muchos géneros comprendidos en este Orden, muestran una organización relativamente primitiva como *Chlamydomonas*, cuyos individuos son generalmente esféricos u ovoides, solitarios. Del mismo modo la mayoría de los géneros pueden tener sus células ovoides, cordiforme, o fusiforme; pueden ser libres o coloniales; de forma definida o amorfas.

Casi todos los géneros son biflagelados como *Chlamydomonas*, en cambio algunas son cuadriflageladas como *Carteria*, u octoflagelada como *Polyblepharides*.

Las formas unicelulares de este Orden retraen sus flagelos o no los desarrolla cuando entran a una fase de inmovilidad temporal, recubriéndose de abundante sustancias mucilaginosa. En estas condiciones, la división celular continúa originando colonias amorfas de gran tamaño, con muchas células irregulares dispuestas en la masa mucilaginosa colonial. Esta condición palmeloide es másfrecuente entre los organismos que habitan ambientes subaéreos. Las células de esta fase palmeloide puede desarrollar sus flagelos en cualquier instante y retornan directamente a su condición móvil original.

Las formas coloniales están constituidas por un número definido de células, determinadas durante las primeras fases de su desarrollo, no dividiéndose más hasta la nueva época de reproducción. Es decir son cenóbicos.

Las formas coloniales simples, como *Gonium*, presentan sus células dispuestas en un mismo plano, constituyendo una colonia laminar con un número y disposición definidos de sus células; así, cuando la colonia está compuesta por 16 células, 4 son centrales y 12 periféricas. En otros géneros como *Pandorina*, la colonia es oblonga o esférica y está integrada generalmente por 16 células, rara vez por 8, o por 32 células.

Las formas coloniales más evolucionadas están representadas por *Eudorina, Pleodorina* y *Volvox*; el cenobio en estos géneros es globoso, elipsoidal o piriforme y hueco. Las células se disponen en una sola capa cercana a la superficie externa de la sustancia mucilaginosa colonial.

Las colonias de *Pandorina, Eudorina y Pleudorina*, tienen una marcada polaridad y sus células tienen una orientación definida. Se ha constatado la presencia de conexiones citoplasmáticas entre sus células, aunque en muchos casos, su observación es difícil.

La pared celular de las Volvocales típicas es definida y está compuesta de capa celulósica interna, cubierta frecuentemente por otra de naturaleza pectínica. La sustancia mucilaginosa en las formas coloniales resulta de la confluencia de la cubierta externa de pectina de los organismos individuales. Sólo en pocos géneros como *Phacotus y Pteromonas*, la pared celular consta de dos mitades; algunas veces con impregnaciones de carbonato de calcio.

Las células de las Volvocales, tiene el protoplasto sin una vacuola central,

pero si con dos vacuolas contráctiles situadas en la región anterior. En la mayoría de los géneros tienen mancha roja, faltando sólo en pocos, su estructura es simple, aunque a veces compleja. El cloroplasto es masivo, en forma de copa, o de forma variada, ocupa casi toda la célula; con un solo pirenoide o más de uno en las formas típicas. La cantidad de pigmentación de los cloroplastos es extremadamente variable, en algunos géneros como *Pseudofurcilla*, sólo existe trazas de clorofila y no existe en *Polytoma*. La falta de clorofila, no impide que este género sea considerado dentro del Orden Volvocales, porque las características estructurales de sus células, inclusive la existencia de un pirenoide y la formación de almidón, son típicos.

Las células vegetativas de este Orden, poseen un solo núcleo, de posición central o ligeramente en la parte anterior.

La reproducción asexual en las formas unicelulares de las Volvocales se efectúa por simple división celular, siempre en sentido longitudinal, dando origen a dos, cuatro u ocho células hijas, las cuales se liberan por gelatinización de la pared de la célula madre. En las formas coloniales, la célula se divide repetidamente formando colonias hijas,. En las formas coloniales primitivas, como *Gonium*, cada célula vegetativa de la colonia origina una colonia hija. En las formas coloniales más avanzadas, ciertas células se comportan como simples células vegetativas y otras como células reproductivas, como por ejemplo en *Pleudorina californica*, en la que sólo la mitad de las células de la parte posterior se dividen para constituir nuevas colonias, permaneciendo las anteriores como células vegetativas; en *Volvox*, las autocolonias o gonidias se forman sólo en las células posteriores del esferoide, el número de autocolonias varía en las diferentes especies y aún en la misma especie.

Sexualmente muchos miembros de este Orden, según las especies, se comportan como isógamos, anisógamos u oógamos.

Los isogametos son biflagelados, semejantes a las células vegetativas, o varían en ciertos caracteres como en el tamaño, o en forma. Después de la fusión sexual, el zigote desarrolla una membrana generalmente gruesa, estratificada y de naturaleza celulósica; su contenido se hace más oscuro por acumulación de aceite o posiblemente de hematocromo. Después de un prolongado reposo germina produciendo cuatro zoosporas, raramente ocho, luego se transforman en nuevos individuos, o en nuevas colonias, como en *Gonium*, en el que a partir de una colonia de cuatro células se forma una nueva colonia de 16. En algunos géneros como *Endorina y Pleodorina*, de las 4 zoosporas originales, sólo una tiene capacidad de formar una nueva colonia por divisiones sucesivas. En *Volvox*, el zigote liberado de la colonia da lugar a una sola zoospora, a partir de ella se constituye la nueva colonia globosa y hueca, siguiendo el mismo método de reproducción asexual.

La mayoría de las Volvocales habitan en agua dulce, charcos, estanques;

algunos de ellos imparten su color verde al agua, proporcionándole un olor y sabor característicos. Muchas son comunes en el plancton de los lagos y tienen gran importancia biológica. Algunas en aguas, o en pozas de alta concentración salina, en zonas cercanas al mar como la *Dunaliella salina*. Probablemente son abundantes en el plancton marino, aunque las formas coloniales son raras. Finalmente debemos indicar que algunas especies son de hábito terrestre.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LAS FAMILIAS

1. Formas coloniales cenóbicas. 2

   2. Con cubierta gelatinosa; células ovoides, piriformes; biflageladas; dispuestas en forma definida en cada genero ....**Volvocaceae**

      Géneros importantes:

      Volvox, Pleodorina, Platydorina, Gonium.

   2'. Sin cubierta mucilaginosa;células esféricas,ovoides,piriformes o hemisféricas, biflageladas; dispuestas radialmente con respecto al eje longitudinal de la colonia cenóbica..**Spondilomoraceae**

      Géneros importantes:

      Spondylomona, Pyrobotrys, Pascheriella.

1'. Formas unicelulares solitarias...3

3. Protoplasto sin pared celular. La forma de la célula se mantiene constante por la rigidez suficiente de la porción periférica del protoplasto, o puede cambiar ligeramente cuando se moviliza en el medio acuático. Con 2, 4 u 8 flagelos, anteriores más cortos o más largos que las células. Todos los géneros presentan un mancha ocular; con o sin vacuolas contráctiles.Cloroplasto en forma de copa con un pirenoide .... **Polyblepharidaceae**

   Géneros representativos:

   Polyblepharides, Pedimonas, Stephanoptera, Dunaliella.

3'. Protoplastos con la pared celular definida.... 4

   4. Pared celular delgada. Células de forma extremadamente variada. Generalmente biflageladas, pocas cuadriflageladas, pero ninguna con más de cuatro flagelos. Con mancha ocular y vacuolas contráctiles. Cloroplasto en forma de copa o de forma variada, con uno, dos o varios pirenoides..... ....**Chlamydomonadaceae**

      Géneros importantes:

      Chlamydomonas, Polytoma, Carteria, Platymonas.

   4'. Pared celular gruesa, no celulósica y frecuentemente impregnada con carbonato de calcio, constituida por dos mitades o no dividida: se denomina lórica. Con estigma y vacuolas contráctiles. Cloroplasto en forma de copa, con uno o más pirenoides. .... **Phacotaceae**

      Géneros representativos:

      Phacotus, Cephalomonas, Pteromonas, Coccomonas.

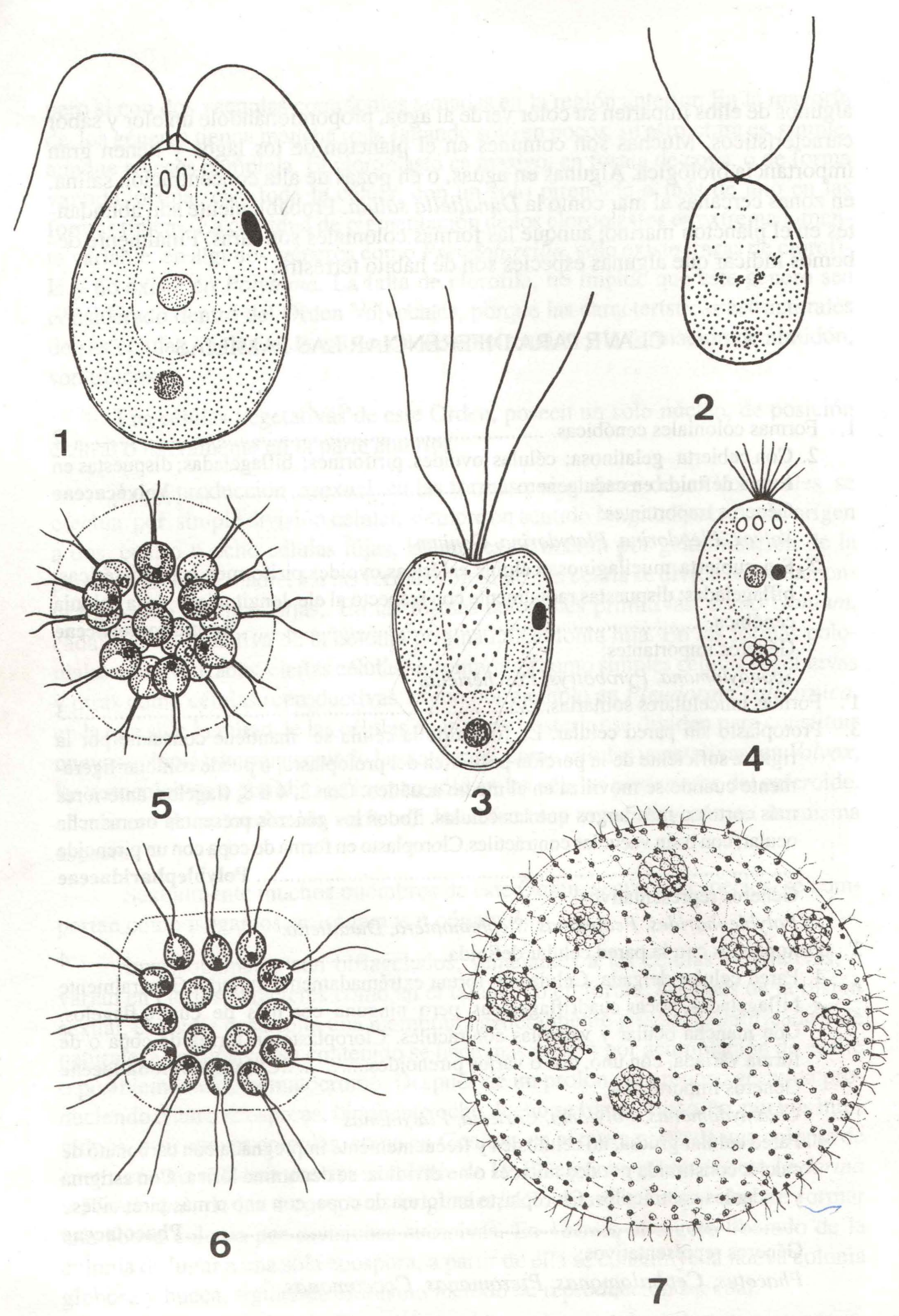


Fig.1 *Chlamydomonas sp.* detalle de un individuo biflagelado. Fig.2 *Polytoma uvella* forma unicelular biflagelada. Fig.3 *Carteria sp.* forma móvil cuadriflagelada. Fig.4 *Polyblepharides sp.* forma móvil con ocho flagelos. Intercalar.Fig.5 *Pandorina morum* colonia globosa móvil. Fig.6 *Gonium pectorale* colonia cuadrangular móvil. Fig.7 *Volvox aureus* detalle de una colonia.

ORDEN CHLOROSARCINALES

Este es un Orden pequeño de las Chlorophyta que se caracterizan porque sus miembros son multicelulares, agrupadas en diadas, tetradas o en paquetes cuboides irregulares o «sarcinoides». Estas agrupaciones morfológicas se constituyen como consecuencia de un proceso de **«división celular vegetativa»** denominado también **«desmoquisis»**; se manifiesta a través de la cariocinesis y citocinesis y la formación de la pared celular de las células que resultan de este proceso, adyacente a la pared celular de la célula progenitora. Aún cuando esta pared se rompa o hidrate, las células no se disgregan inmediatamente.

Este proceso de «**desmoquisis**» o de «**división celular vegetativa**» es contrario a otro proceso análogo denominado «**eleuteroquisis**» que da como resultado células desnudas como los gametos y zoosporas y a células con pared celular nueva separada de la pared celular de la célula progenitora. Si esta pared se rompe o gelatiniza, las células (zoosporas, autosporas, aplanosporas y gametos) quedan libres.

La familia representativa de este Orden es **Chlorosarcinaceae** (=**Borodinellaceae**), incluye a formas uninucleadas, con cloroplastos de forma variada: parietal en forma de copa, axilar, laminar lobulado o reticulado.

Se reproduce asexualmente por zoosporas bi o cuadriflageladas y sexualmente son isógamas.

Viven generalmente en suelos húmedos, otros son subaéreos, acuáticos o endofíticos en angiospermas acuáticas.

Los géneros representativos son: *Chlorosarcina, Chlorosarcinopsis, Borodinella, Borodinellopsis, Tetracystis, Axilosphaera.*

Las formas multicelulares que se reconocen en este Orden, tienen un significado evolutivo importante; interpretándose a estas formas sarcinoideas, como un paso previo a las formas filamentosas y parenquimatosas en las Chlorophyta.

ORDEN TETRASPORALES

Este Orden incluye a formas no móviles, incluidas en un mucílago común homogéneo o estratificado, raras veces formando una estructura dendroide; forman colonias palmeloides, piriformes o subesféricas; las células presentan una estructuración similar a la de *Chlamydomonas*. Se reproducen asexualmente por zoosporas bi o cuadriflageladas y sexualmente son isógamas. Viven preferentemente en agua dulce y en hábitats terrestres; pocos son marinos.

Por sus características vegetativas los miembros de este Orden están vinculados por un lado por las **Volvocales** y por otro con las **Chlorococcales**. Aún algunos autores como Fritsch (1935) las incluyó como un **Sub-Orden** de las **Volvocales**.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LAS PRINCIPALES FAMILIAS

1. Células dispuestas en 2, 4 u 8 series concéntricas cercanas a la superficie externa de la sustancia mucilaginosa colonial que las contiene. Cloroplasto en forma de copa, con un pirenoide, o parietal sin pirenoide...**Tetrasporaceae**
   Géneros importantes:
   Tetraspora, Apiocystis.

1'. Células unidas en pequeñas colonias de forma definida o generalmente amorfas. Cubierta mucilaginosa celular diferenciada, homogénea o estratificada concentricamente, a veces confluentes constituyendo formas coloniales tubulares ramificadas. Cloroplastos en forma de copa, estrellado o discoidal; con o sin pirenoide..............
   ....**Palmellaceae**
   Géneros importantes:
   Palmella, Palmellopsis, Hormotila, Hormotilopsis, Gloeocystis, Palmodictyon.

ORDEN CHLOROCOCCALES

Las Chlorococcales, están integradas por formas unicelulares solitarias o agrupadas, constituyendo colonias de forma y tamaño definidos. La forma más simple está representada por *Chlorella y Chlorococcum* cuyos individuos son de forma esférica; habitan en agua dulce, o en ambientes terrestres húmedos. El género *Characium*, representa el tipo más evolucionado de las formas unicelulares: por su condición sésil, se adhiere al substrato mediante una expansión basal discoidal.

Las formas coloniales son diversas, no siendo posible establecer una clasificación natural de ellas, pero sí las podemos agrupar según el tipo de colonia que presentan. Las formas más simple se observan en las Oocystaceae, cuyas células permanecen en la condición colonial gracias a la gelatinización de la pared celular madre. En las Selenestraceae la formación colonial es el resultado de la coherencia de sus células, que al tocarse en algún punto de su superficie facilita la acumulación de sustancias mucilaginosa como se observa en *Ankistrodesmus y Coelastrum.* Las formas coloniales más evolucionadas están representadas por las formas cenóbicas de las Hydrodictyaceae, cuyas células cilíndricas o poligonales, por comprensión lateral, constituyen cenobios son simetría radial o bilateral, como *Pediastrum e Hydrodictyon.*

Las células de las Chlorococcales, son esféricas, ovoides, reniformes, fusiformes, aciculares, cilíndricas, poligonales, etc. El cloroplasto es laminar, parietal, en forma de banda: ocupa toda la célula como en *Scenedesmus*; en bandas transversales como en *Oocystis* discoidales y numerosos como en *Eremosphaera*; la mayoría tiene un solo pirenoide; en cambio, en las células adultas de *Hydrodictyon* cuyo cloroplasto es reticulado, existen numerosos pirenoides. Muchos géneros son uninucleados, algunos multinucleados. El número de núcleos es siempre múltiplo de dos como en *Pediastrum*, o en número indefinido como en *Hydrodictyon*. En

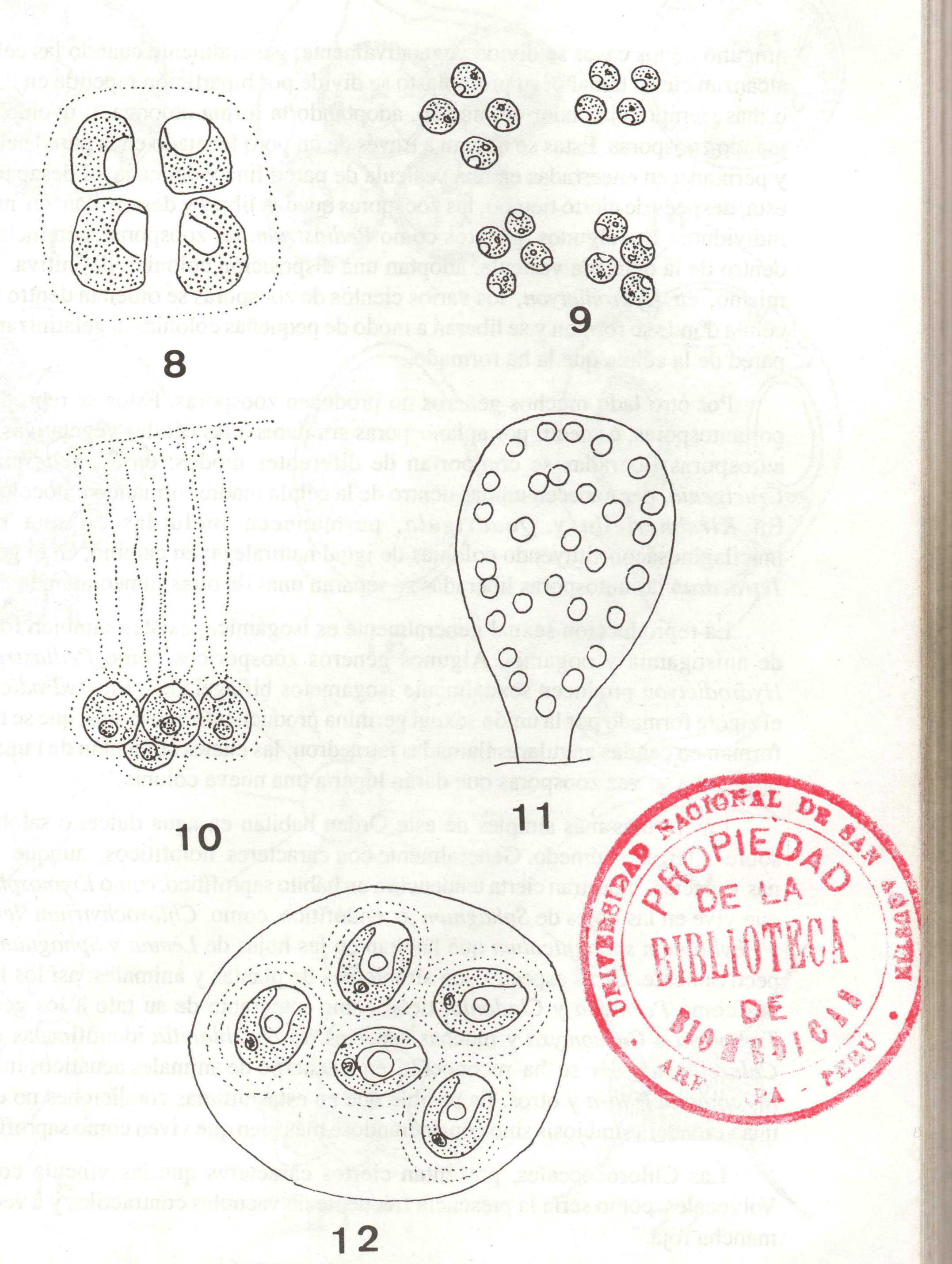


Fig.8 *Chlorosarcina stigmatea* colonia no móvil de cuatro células. **Figs.9,10** *Tetraspora gelatinosa* individuos coloniales incluidos en el mucílago colonial. **Fig.11** *Apiocystis brauniana* detalle de una colonia. **Fig.12** *Gloeocystis bacillus* colonia de cuatro individuos.

ninguno de los casos se divide vegetativamente; generalmente cuando las células alcanzan cierto tamaño, su protoplasto se divide por bipartición repetida en 2, 4, 8 o más siempre alrededor del núcleo, adoptando la forma oblonga, u ovoide, formando zoosporas. Estas se liberan a través de un poro formado en la pared celular, y permanecen encerradas en una vesícula de pared fina y delicada; al desaparecer ésta, después de cierto tiempo, las zoosporas quedan libres y desarrollan un nuevo individuo. En algunos géneros como *Pediastrum*, las zoosporas, aún incluidas dentro de la delicada vesícula, adoptan una disposición colonial definitiva. Así mismo, en *Hydrodictyon*, los varios cientos de zoosporas se ordenan dentro de la célula donde se forman y se liberan a modo de pequeñas colonias al gelatinizarse la pared de la célula que la ha formado.

Por otro lado muchos géneros no producen zoosporas. Estos se reproducen por autosporas, es decir, por aplanosporas similares a las células vegetativas. Las autosporas liberadas se comportan de diferentes modos: en *Scenedesmus, y Crucigenia*, permanecen unidas dentro de la célula madre formando autocolonias. En *Kirchneriella y Quadrigula*, permanecen incluidas en una masa mucilaginosaconstituyendo colonias de igual naturaleza: en cambio, en el género *Tetraedron* las autosporas liberadas se separan unas de otras inmediatamente.

La reproducción sexual generalmente es isogámica; existen también formas de anisogamia y oogamia. Algunos géneros zoospóricos como *Pediastrum o Hydrodictyon* producen sexualmente isogametos biflagelados. En *Hydrodictyon*, el zigote formado por la unión sexual germina produciendo zoosporas, que se transforman en células angulares llamadas tetraedron, las cuales aumentan de tamaño y originan a su vez zoosporas que darán lugar a una nueva colonia.

Las formas más simples de este Orden habitan en agua dulce, o salobre, o sobre el terreno húmedo. Generalmente con caracteres holofíticos, aunque algunas especies muestran cierta tendencia a un hábito saprofítico, como *Eremosphaera* que vive en las hojas de *Sphagnum* o endofítico como *Chlorochytrium lemnae y Phyllobium sphagnicolum* que habitan en las hojas de *Lemna y Sphagnum* respectivamente. Otras especies son simbiontes de plantas y animales: así los líquenes como *Parmelia y Cladonia*, tiene como integrante de su talo a los géneros *Trebouxia y Coccomyxa* y muchas especies de *Zoochlorella* identificadas como *Chlorella vulgaris* se ha reconocido en el cuerpo de animales acuáticos inferiores como la *Hydra* y otros. Es posible que en estas últimas condiciones no exista una verdadera simbiosis sino considerándose más bien que viven como saprofíticas.

Las Chlorococcales, presentan ciertos caracteres que las vincula con las Volvocales, como sería la presencia frecuente de vacuolas contráctiles y a veces la mancha roja.

Este Orden comprende a varias familias con caracteres muy definidos como las Hydrodictyaceae y Scenedesmaceae, aunque vinculadas en algún modo con el proceso de reproducción de las restantes.



Fig.13 *Chlorella sp.* ... célula vegetativa. **F**... **Fig.17** *Gloeotaeniu*... **Fig.19** *Golenkinia pa*... forma colonial. **Fig.2**...

Fig.13 *Chlorella sp.* detalle de una célula vegetativa y liberación de autosporas. **Fig.14** *Chlorococcum sp.* célula vegetativa. **Fig.15** *Kirchneriella lunaris* forma colonial. **Fig.16** *Oocystis borgei* individuo solitario. **Fig.17** *Gloeotaenium loitlesbergerianum* forma colonial. **Fig.18** *Lagerheimia ciliata* individuo solitario. **Fig.19** *Golenkinia paucispina.* **Fig.20** *Selenastrum westii* forma colonial. **Fig.21** *Coelastrum proboscideum* forma colonial. **Fig.22** *Scenedesmus cuadricauda* colonia cenóbica de cuatro células.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LAS PRINCIPALES FAMILIAS

1. Formas unicelulares solitarias, gregarias, o formando colonias de forma definida....2
2. Zoospóricas. Nunca se reproducen vegetativamente, Células solitarias o gregarias, esféricas, subaéreas o fusiformes. Pared celular variadamente ornamentada. Cloroplasto en forma de copa, con uno o numerosos pirenoides. .... **Chlorococcaceae**
   Géneros importantes:
   Chlorococcum, Trebouxia, Neochloris, Bracteacoccus.

2'. Autospóricas. Nunca unidas en autocolonias cuando son liberadas de la célula que la produce. Células solitarias o coloniales, sin orientación definida; esféricas,ovoides, lunadas, circulares, reniformes, cuadrangulares, poligonales. Pared celular ornamentada. Con un solo cloroplasto o numerososen algunos géneros; con un solo pirenoide ....
   Oocystaceae
   Géneros importantes:
   Oocystis, Chlorella, Kirchneriella, Ankistrodesmus, Selenastrum, Monoraphidium, Chodatella, Lagerheimia.

1'. Formas coloniales........ 3

3. Zoospóricas. Todas las zoosporas originadas dentro de una célula se disponen de un modo definido constituyendo el cenobio. El número de células generalmente varía de 2 a 256, o alcanza a varios cientos. Son de forma poligonal,piriformes, semilunares, reniformes o cilíndricas; dispuestas en colonias laminares, radiales, globosas o formando un red. Pared celular definida, lisa o variadamente ornamentada. .... **Hydrodictyaceae**
   Géneros representativos:
   Hydrodictyon, Pediastrum, Sorastrum.

3'. Autospóricas. Forman autocolonias de orientación definida. El número de células es siempre múltiplo de 2,4,8 hasta 32; son esféricas, elipsoidales, aciculares, triangulares o trapezoidales dispuestas en un plano o radialmente.Pared celular lisa u ornamentada. .... **Scenedesmaceae**
   Géneros importantes:
   Scenedesmus, Crucigenia, Actinastrum, Tetrastrum.

ORDEN TRENTEPOHLIALES

Los miembros de este Orden se caracterizan por presentar el talo filamentoso, uniseriado, ramificado entrecruzados formando una mata erguida algodonosa o agrupadas en forma compacta formando un disco de una o más células de espesor. Las células son uninucleadas cuando jóvenes y multinucleadas cuando adultas; con varios cloroplastos laminares o discoidales parietales; con hematocromo abundante, colorea los filamentos de verde-amarillento, amarillo, anaranjado o rojo.

Fig.23 *Crucigenia cuadrata* colonias cenóbicas de cuatro células. **Fig.24** *Tetrastrum elegans* cenobio de cuatro células. **Fig.25** *Hydrodictyon reticulatum* porción reticular de una colonia cenóbica. **Fig.26** *Actinastrum hantzschii* cenobio con células dispuestas radialmente. **Fig.27** *Sorastrum americanum* colonia cenóbica con células dispuestas radialmente. **Fig.28** *Pediastrum tetras* colonia cenóbica de ocho células. **Fig.29** *Pediastrum duplex* var.*clathratum* colonia cenóbica de dieciséis células. **Fig.30** *Pediastrum boryanum* colonia cenóbica de ocho células.

Los esporangios y gametangios están claramente diferenciados de las células vegetativas. Asexualmente originan zoosporas cuadriflageladas y sexualmente isogametos biflagelados.

Este Orden incluye una sola Familia **Trentepohliaceae** y a los géneros representativos: *Trentepohlia* de hábito siempre subaéreo sobre rocas, maderas, troncos de árboles, hojas. *Phycopeltis* de hábito monostromático sobre la cutícula de las hojas y *Cephaleuros* que vive entre el mesófilo y la cutícula de las hojas de muchas plantas tropicales, algunas de valor económico como el «té» y el «café».

ORDEN CHAETOPHORALES

El carácter más sobresaliente de este Orden, está en la diferenciación que presenta su cuerpo vegetativo en un sistema postrado, ramificado, adherido al substrato y un sistema erguido compuesto de filamentos uniseriados y ramificados. Este tipo de diferenciación vegetativa se conoce como: **filamentoso heterotrico** se considera como la forma más especializada de las Algas Verdes y se presenta también en las otras Divisiones de las Algas. Esta fundamental diferenciación vegetativa es más notoria en los representantes típicos de las Familias Chaetophoraceae y Coleochaetaceae; pero no son muy visibles en las formas menos especializadas de este Orden.

En muchos géneros como *Stigeoclonium y Coleochaete*, los dos sistemas diferenciados del talo pueden distinguirse fácilmente. En otros como *Draparnaldia y Chaetophora*, el sistema erguido está constituido por filamentos uniseriados de células de igual tamaño o están diferenciados en un eje principal de células grandes y en ramas laterales de células pequeñas, atenuadas de la base al ápice, a menudo terminan en una seta hialina. En algunos géneros como *Chaetonema y Aphanochaete*, no existe diferenciación entre el sistema postrado y el erguido, por estar el talo constituido por ramas cortas y de pocas células unidas a otras de un modo regular, o irregular, formando un talo discoidal o subparenquimatoso expandido irregularmente: algunas células externas llevan setas hialinas, generalmente caducas.

Las células de las **Chaetophorales**, son siempre uninucleadas, con un solo cloroplasto laminar, parietal, o en forma de banda, ocupando la célula total, o parcialmente; con uno o muchos pirenoides.

Asexualmente se reproducen por medio de zoosporas biflageladas o cuadriflageladas, todas del mismo tamaño, o diferenciadas en macro o microzoosporas, que se han formado en cualquiera de las células, exceptuando la célula apical y la rizoidal. Algunos géneros como *Chaetophora* se reproduce por aplanosporas y akinetos.

Sexualmente muchos géneros son isógamos, algunos anisógamos, solamente pocos oógamos.

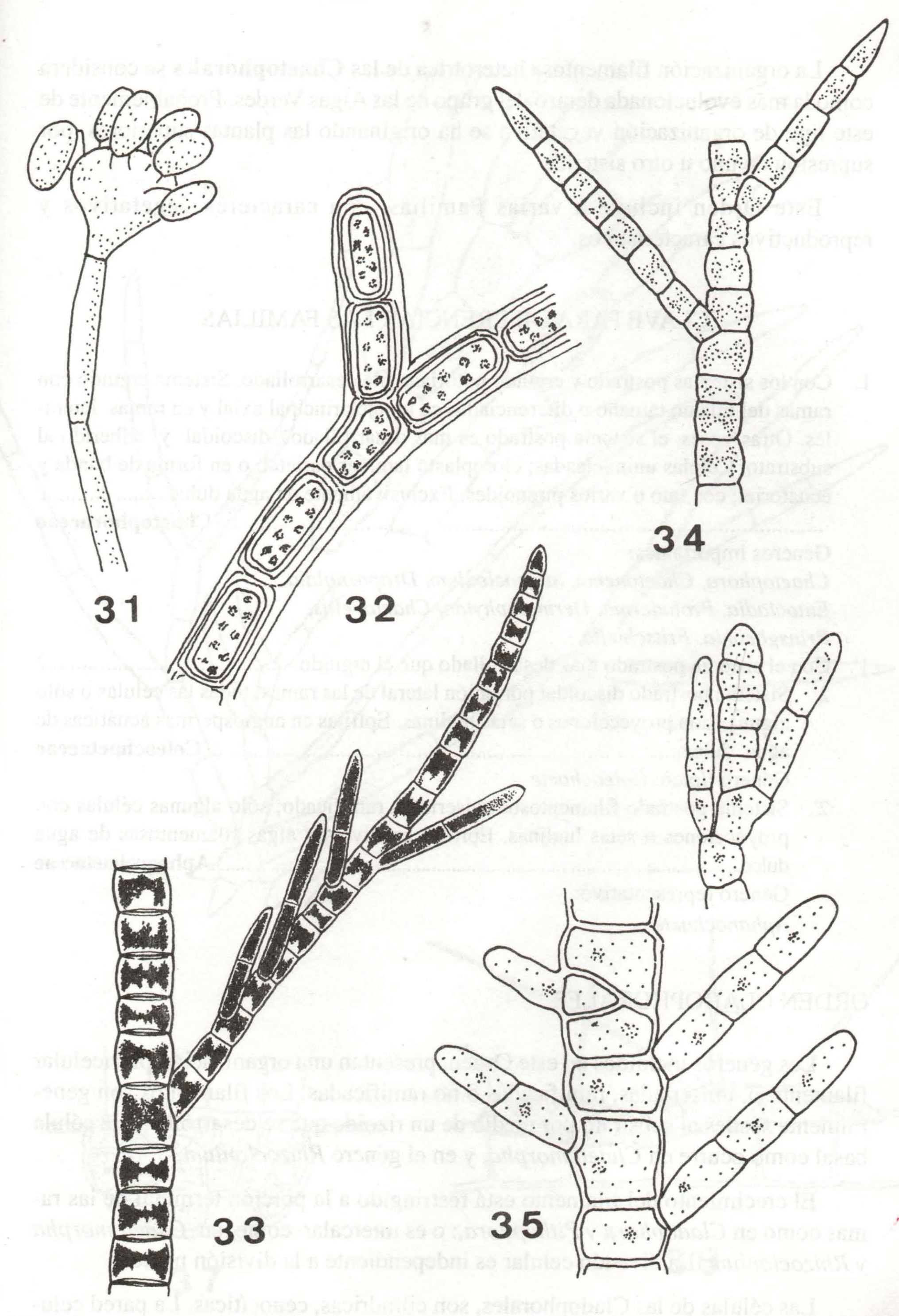


Fig.31 *Cephaleuros virescens* detalle de un filamento con esporangios distales. **Fig.32** *Trentepohlia aurea* porción de un filamento y ramificación. **Fig.33** *Draparnaldia plumosa* detalle del eje principal y sus ramas. **Fig.34** *Stigeoclonium lubricum* porción del eje principal y ramas laterales. **Fig.35** *Cloniophora macrocladia* eje principal,ramas laterales y apicales.

La organización filamentosa heterotrica de las **Chaetophorales** se considera como la más evolucionada dentro del grupo de las Algas Verdes. Probablemente de este tipo de organización vegetativa se ha originando las plantas superiores, por supresión de uno u otro sistema.

Este Orden incluye a varias Familias, con caracteres vegetativos y reproductivos característicos.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LAS FAMILIAS

1. Con los sistemas postrado y erguido notoriamente desarrollado. Sistema erguido con ramas del mismo tamaño o diferenciadas en un eje principal axial y en ramas laterales. Otras veces, el sistema postrado es más desarrollado, discoidal y adherido al substrato. Células uninucleadas; cloroplasto laminar parietal, o en forma de banda y ecuatorial; con uno o varios pirenoides. Exclusivamente de agua dulce... **Chaetophoraceae**
   Géneros importantes:
   Chaetophora, Chaetonema, Stigeoclonium, Draparnaldia, Entocladia, Protoderma, Dermatophyton, Chaetopeltis, Prinsgheimia, Fritschiella.

1'. Con el sistema postrado más desarrollado que el erguido...2

   2. Sistema postrado discoidal por unión lateral de las ramas; todas las células o sólo algunas con proyecciones o setas hialinas. Epífitas en angiospermas acuáticas de agua dulce.. .**Coleochaetaceae**
      Género típico: *Coleochaete*

   2'. Sistema postrado filamentoso, uniseriado, ramificado; sólo algunas células con proyecciones o setas hialinas. Epífitas en diversas algas filamentosas de agua dulce..**Aphanochaetaceae**
      Género representativo:
      Aphanochaete

ORDEN CLADOPHORALES

Los géneros incluidos en este Orden, presentan una organización pluricelular filamentosa, uniseriadas, ramificadas o no ramificadas. Los filamentos son generalmente sésiles al substrato por medio de un rizoide que se desarrolla de la célula basal como ocurre en *Chaetomorpha*, y en el género *Rhizoclonium.*

El crecimiento del filamento está restringido a la porción terminal de las ramas como en *Cladophora y Pithophora*,: o es intercalar como en *Chaetomorpha y Rhizoclonium.* La división celular es independiente a la división nuclear.

Las células de las Cladophorales, son cilíndricas, cenocíticas. La pared celular es gruesa, estratificada y compuesta de tres capas concéntricas: la externa de

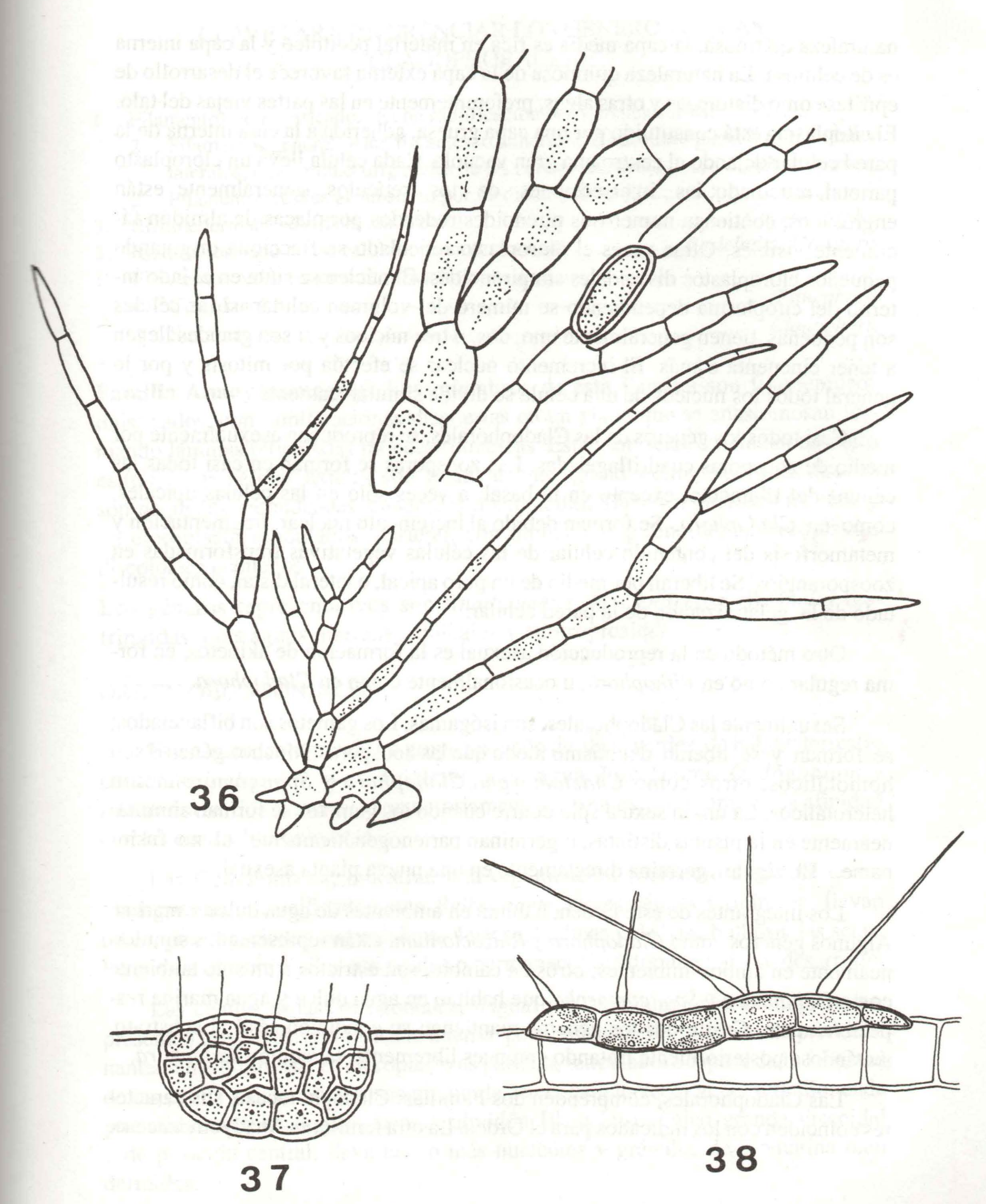


Fig.36 *Chaetophora elegans* detalle de la porción erguida más desarrollada; fragmento de la parte proximal y aquineto intercalar. **Fig.37** *Chaetopeltis orbicularis* individuo epífito, con la parte postrada más desarrollada y la erguida representada por delicadas setas. **Fig.38** *Aphanochaete repens* otro individuo epífito, la porción más desarrollada.

naturaleza quitinosa, la capa media es rica en material pectínico y la capa interna es de celulosa. La naturaleza quitinosa de la capa externa favorece el desarrollo de epífitas como diatomeas y otras algas, preferentemente en las partes viejas del talo. El citoplasma está constituido por una capa gruesa, adherida a la cara interna de la pared celular dejando al centro una gran vacuola. Cada célula lleva un cloroplasto parietal, reticulado; las intersecciones de los retículos generalmente están engrosados, contienen numerosos pirenoides rodeados por placas de almidón fácilmente visibles. Otras veces el cloroplasto reticulado se fracciona originando pequeños cloroplastos discoidales sin pirenoides. El núcleo se sitúa en el lado interno del citoplasma dependiendo su número del volumen celular: si las células son pequeñas, tienen generalmente uno, dos, o tres núcleos y si son grandes llegan a tener cincuenta o más. El incremento nuclear se efectúa por mitosis y por lo general todos los núcleos de una célula se divide simultáneamente.

Casi todos los géneros de las Cladophorales, se reproducen asexualmente por medio de zoosporas cuadriflageladas. Las zoosporas se forman en casi todas las células del filamento, excepto en la basal; a veces sólo en las células apicales, como en *Cladophora*. Se forman debido al incremento nuclear, fragmentación y metamorfosis del contenido celular de las células vegetativas transformadas en zoosporangios. Se liberan por medio de un poro apical, o lateral distal, como resultado de la gelatinización de la pared celular.

Otro método en la reproducción asexual es la formación de akinetos, en forma regular como en *Pithophora*, u ocasionalmente como en *Cladophora.*

Sexualmente las Cladophorales, son isógamas. Los gametos son biflagelados; se forman y se liberan del mismo modo que las zoosporas. Muchos géneros son homotálicos, otros como *Chaetomorpha, Cladophora y Spongomorpha* son heterotálicos. La unión sexual sólo ocurre cuando los gametos se forman simultáneamente en la plantas distintas, o germinan partenogenéticamente al no fusionarse. El zigote germina directamente en una nueva planta asexual.

Los integrantes de este Orden, habitan en ambientes de agua dulce y marina. Algunos géneros como *Cladophora y Rhizoclonium*, están representados simultáneamente en ambos ambientes; otros en cambio, son estrictos a un solo ambiente como *Pithophora y Spongomorpha* que habitan en agua dulce y agua marina respectivamente. Casi todos los géneros mantienen su condición sésil al substrato, soltándose posteriormente flotando entonces libremente, tal como *Cladophora*.

Las Cladophorales, comprenden dos Familias: Cladophoraceae, sus caracteres coinciden con los indicados para el Orden. La otra familia es Anadyomenaceae.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LOS GÉNEROS DE LAS CLADOPHORACEAE

1. Filamentos no ramificados, o con ramificaciones rizoidales cortas. 2
   2. Filamentos generalmente flotantes, o adheridos al substrato por ramas rizoidales laterales, o por ramas originadas de las células basales.................*Rhizoclonium*
   2'. Filamentos sésiles al substrato por medio de un rizoide.... 3
3. Rizoide formado sólo de la célula basal...*Chaetomorpha*
3'. Rizoide formado de las células cercanas a la base .... *Basicladia, Urospora*
1'. Filamentos profusamente ramificados... 4
   4. Con akinetos ....*Pithophora*
   4'. Sin akinetos... ....*Cladophora*

Familia Anadyomenaceae. Los miembros de esta Familia son filamentosos uniseriados, con ramificaciones dispuestas en un plano que se anastomosan formando láminas reticuladas monoestromáticas. Estas son sésiles o tienen un corto estípite. Las células axiales son relativamente grandes cilíndricas y las distales son pequeñas redondeadas, cuadradas o subuladas. Tienen numerosos núcleos y un cloroplasto reticulados, parietal, con numerosos pirenoides o cloroplastos discoidales pequeños.

Los géneros representativos son *Anadyomene, Mycrodictyon, Willeella* restringidas a las aguas marinas tropicales y subtropicales.

ORDEN OEDOGONIALES

Este Orden, comprende un grupo pequeño de algas verdes, de hábitat terrestre como *Oedocladium*, o esencialmente de agua dulce como *Oedogonium y Bulbochaete.* Sus caracteres son notoriamente diferentes y muestran poca afinidad con las otras Chlorophyceae.

Las Oedogoniales, muestran una organización filamentosa simple como *Oedogonium*, o ramificada como *Bulbochaete*, cuyas células terminales llevan unas prolongaciones unicelulares huecas, hialinas y de base bulbosa: las setas. En sus estadios juveniles son sésiles o permanecen así durante todo su desarrollo.

Las células de las Oedogoniales, al igual que las células de las Cladophorales, presentan tres capas: celulósica la interna, pectínica la media y la externa predominantemente quitinosa. El cloroplasto es parietal, reticulado, ocupa toda la longitud de las célula y lleva numerosos pirenoides en cada intersección del retículo; cada pirenoide está rodeado por placas de almidón. El núcleo es único, grande, discoidal y de posición central; lleva uno o más nucléolos y gránulos de cromatina bien definidos.

La división celular ocurre de un modo muy peculiar: la primera indicación de la división celular es la migración del núcleo hacia la parte distal de la célula, más

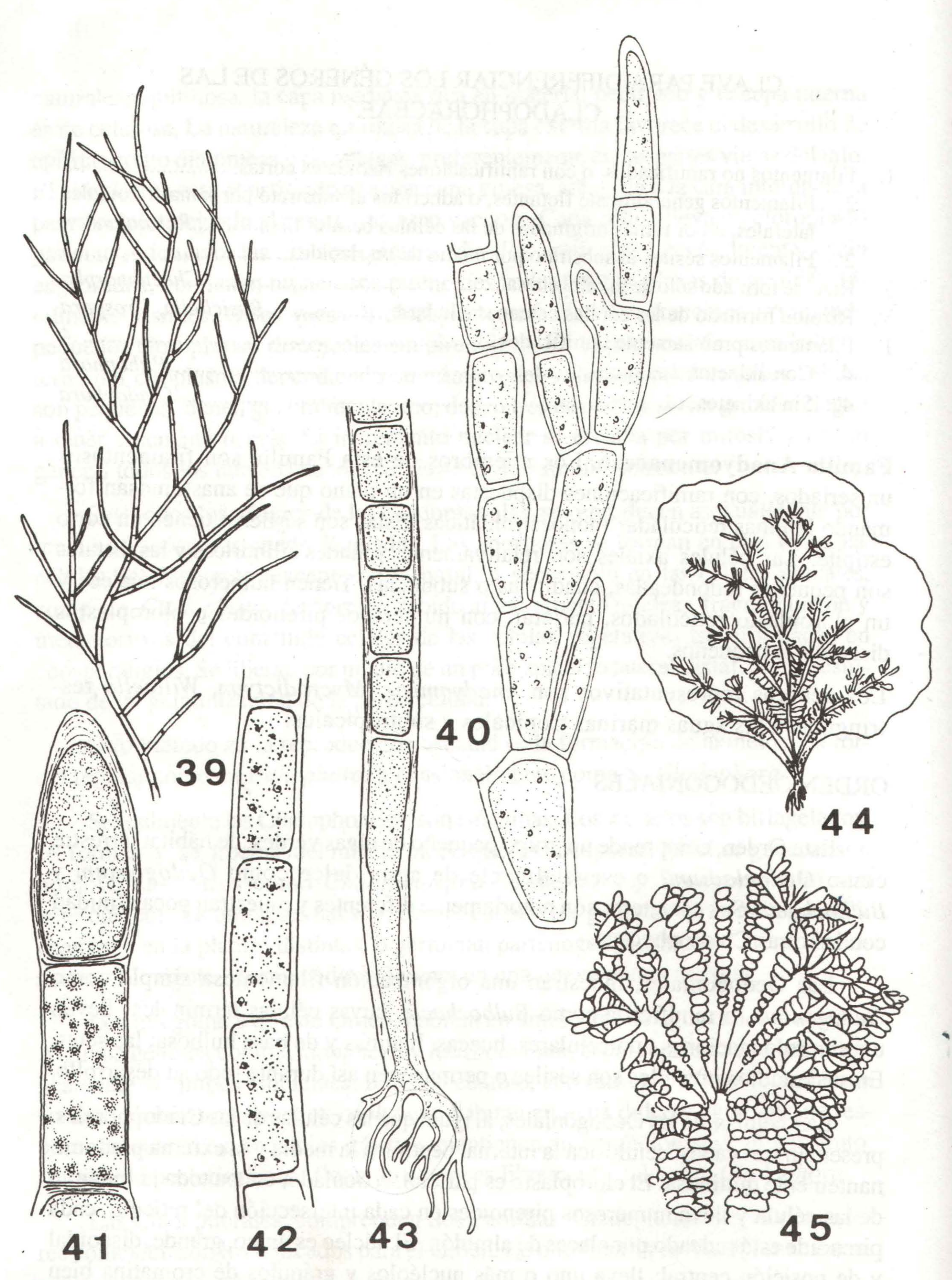


Fig.39 *Cladophora crispata* porción del talo filamentoso, uniseriado y ramificado. **Fig.40** *Cladophora prolifera* porción distal del filamento uniseriado y tipo de ramificación. **Fig.41** *Pithophora oedogonia* detalle de un aquineto terminal. **Fig.42** *Rhizoclonium hieroglyphicum* porción de un filamento. **Fig.43** *Chaetomorpha cartilaginea* detalle de un filamento uniseriado, no ramificado con la célula basal diferenciada en rizoide y células intercalares cilíndricas. **Figs.44,45** *Anadyomene stellata* detalle de una planta y porción de la misma mostrando las células centrales y marginales.

o menos
anillo mu
célula ad
extenders
de la célu
se llama
división,
te como t
membran
división c
modo inte

La r
Oedogon

Asex
en su por
en cada zo
menos co
por ruptur
rarse está
libres en
por medio
rizoide pr
A partir d

Los
ces en ser
forman e
géneros a

La re
servada e
especies
forman e
macrandr
anteridial
resultante
cada ante

La r
sexual. E
en filame
se forma
una simp

o menos a un tercio de su extremo. Simultáneamente a la división se forma un anillo mucilaginoso y una membrana transversal por debajo de la membrana de la célula adulta; esta membrana se rompe a la altura del anillo mucilaginoso y al extenderse va ha constituir la nueva membrana de la célula hija. La pared celular de la célula adulta, resulta así dividida en dos partes desiguales, la porción menor se llama casquete y la porción mayor permanece en su sitio. Al repetirse la división, se acumula una serie de casquetes superpuestos y perceptibles claramente como testimonio de las divisiones ocurridas en las célula respectiva. La nueva membrana se dilata hasta alcanzar el diámetro normal de las células filamento. La división celular se repite indefinidamente en las células del filamento y siempre de modo intercalar.

La multiplicación vegetativa es frecuente en algunas especies del género *Oedogonium* y ocurre por fragmentación accidental del filamento.

Asexualmente se reproducen por medio de una gran zoospora multiflagelada en su porción anterior. Las zoosporas se forman generalmente en número de uno en cada zoosporangio; son de forma esférica o piriformes, de color verde intenso y menos coloreado en el extremo anterior donde se ubican los flagelos. Se liberan por ruptura de la pared del zoosporangio en su porción distal, al momento de liberarse está incluida en una delicada vesícula mucilaginosa que pronto desaparece; libres en el medio acuático después de cierto tiempo de movilidad se estacionan por medio de la región menos coloreada, ésta se deprime y se convierte en un rizoide profusamente lobulado; la porción posterior se alarga haciéndose piriforme. A partir de esta célula basal típica se forma el nuevo filamento.

Los géneros *Oedogonium y Oedocladium*, también producen akinetos; a veces en series de 10 a 40 akinetos que semejan cadenas de oogonios. Otras veces se forman en células distintas del sistema erguido ya solitarias o en cadenas en los géneros antes nombrados respectivamente.

La reproducción sexual siempre es oogámica; pero defiere de la oogamia observada en otras Chlorophyceae, por tal razón se emplea otra terminología. En las especies macrandras de *Oedogonium* y *Bulbochaete*, el oogonio y el anteridio se forman en la misma planta, es decir son monoicas. El anteridio de las especies macrandras son terminales o intercalares y se forman por división de una célula anteridial siguiendo el mismo método de la división celular, al final las células resultantes son discoidales y se presentan en series de 2 a 40 células anteridiales; cada anteridio generalmente produce dos anterozoides, a veces, sólo uno.

La mayoría de las especies dioicas y nanandras, exhiben un curioso dimorfismo sexual. El oogonio se localiza en filamentos ordinarios, mientras que en el anteridio, en filamentos cortos, enanos, de pocas células. Los filamentos masculinos enanos se forman de un tipo especial de célula móvil llamada androspora, producida en una simple célula discoidal o nanandrosporangio, formada, por dos divisiones re-

petidas de células vegetativas ordinarias. Estos nanandrosporangios se forman ya en el mismo filamento como el oogonio, o en distintos filamentos. La androspora se parece a la zoospora, sólo, tiene mayor tamaño y su color es verde-amarillento; liberadas nadan durante cierto tiempo y finalmente posan sobre el oogonio, o en las células adyacentes a éste. Al germinar dan lugar a un pequeño filamento de pocas células, que inmediatamente forma uno, o más, anteridios discoidales igual que en los filamentos macrandros. Sólo en pocas especies del género *Oedogonium*, el anteridio nanandro consta de una sola célula, la cual produce dos anterozoides, raras veces sólo uno. La liberación de los anterozoides ocurre del mismo modo que la de las zoosporas y androsporas.

El oogonio en la mayoría de los casos, tanto en las especies macrandras, como en las nanandras, está constituido por una célula prominente, de forma esférica o elipsoidal; se

forma por simple división de una célula terminal, o intercalar, al ensancharse la célula hija distal, o superior: al estrecharse el anillo de engrosamiento, la célula hija inferior se convierte en célula soporte; su contenido protoplasmático es escaso. El oogonio en los géneros *Oedogonium y Oedocladium* tiene un anillo apical, que persiste después de la división celular; en *Bulbochaete*, este anillo se localiza en la zona ecuatorial de la pared oogonial. La forma y posición de esta estructura tiene importancia en la diagnosis específica.

El oogonio, en condiciones de ser fertilizado, presenta una ligera retracción en su contenido protoplasmático y muestra un punto receptivo hialino muy cerca al núcleo. Después de la fertilización la pared del zigote se engrosa y llega a tener dos a tres capas; en este último caso, la capa media está ornamentada en forma variada; el contenido cambia de color de verde a pardo-rojizo por la acumulación de aceite. Después de algún tiempo de reposo, y previa división reduccional, germina produciendo 4 zoosporas que se comportan igual que las zoosporas de origen asexual. Cada zoospora desarrolla en un nuevo filamento. Algunas especies presentan ovocélulas no fertilizadas, que desarrollan en partenosporas, semejantes a los zigotes en forma. Se sabe poco acerca de lo que después ocurre con estos elementos reproductivos.

Las **Oedogoniales**, comprenden una sola Familia: **Oedogoniaceae**, e incluye 3 géneros, cuyos caracteres son inconfundibles, aún en estadios de un sola célula.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LOS GÉNEROS

1. Plantas filamentosas, no ramificadas; células cilíndricas con el extremo distal ancho. Célula basal transformada en su parte inferior en una estructura de adhesión. .... *Oedogonium*

1'. Plantas filamentosas ramificadas..2

2. Ramificaciones laterales con una seta larga, hialina. Oogonio siempre soli-

tario con anillo ecuatorial...*Bulbochaete*
2'. Ramificaciones laterales sin setas ....*Oedocladium*

La determinación específica de cada género, sólo es factible en especímenes fértiles y fundamentalmente está basada en la forma y tamaño del zigote y otras estructuras concernientes al proceso de la reproducción.

ORDEN ACROSIPHONIALES

Los integrantes de este Orden reunidos en la Familia **Acrosiphoniaceae** son formas filamentosas uniseriadas, ramificadas o no ramificadas, fijas al substrato por medio de un rizoide. Cada célula es multinucleada y tiene un cloroplasto cilíndrico, perforado y con numerosos pirenoides.

Se ha comprobado que en el ciclo vital de los géneros *Acrosiphonia, Spongomorpha, Hormiscia y Urospora*, las formas filamentosas representan a los gametofitos y el esporofito es unicelular, vesicular que vive como endófito en varias algas rojas como *Petrocelis* spp. Este esporofito unicelular, ovoide, maciforme o cilíndrico, con pared celular engrosada se denomina «fase *Codiolum*» descrito como género independiente de las Chlorococcales, produce zoosporas cuadriflageladas y éstas dan lugar a las nuevos gametofitos filamentosos.

Los gametofitos filamentosos de este Orden viven en la zona intermareal en aguas frías.

ORDEN ZYGNEMATALES

Los géneros comprendidos en este Orden, tienen caracteres muy bien definidos y sobresalientes dentro de las Chlorophyceae. Estas características respaldan la opinión de algunos autores para considerarlas como una Clase distinta: Zygnemaphyceae Round (1971) o Conjugatophyceae Fott (1971). Carecen de elementos reproductivos flagelados; la reproducción sexual isogámica se conoce como conjugación de aplanogametos.

Los integrantes de este Orden, son en su mayoría unicelulares. Algunos al unirse por sus extremos forman filamentos no ramificados. En general presentan una marcada simetría en sus células, y la variedad de sus cloroplastos no tiene comparación dentro de las Algas Verdes.

La pared celular está compuesta de dos capas: la interna celulósica y la externa de naturaleza pectínica, en algunos casos esta última con impregnaciones diversas como veremos más adelante; las células tienen un sólo núcleo de posición central; los cloroplastos de tres tipos: laminares-axiales como en *Mougeotia*; acintados-espiralados como en *Spirogyra*; globosos radiados de posición axial como en *Zygnema*; con uno o numerosos pirenoides de posición variada.

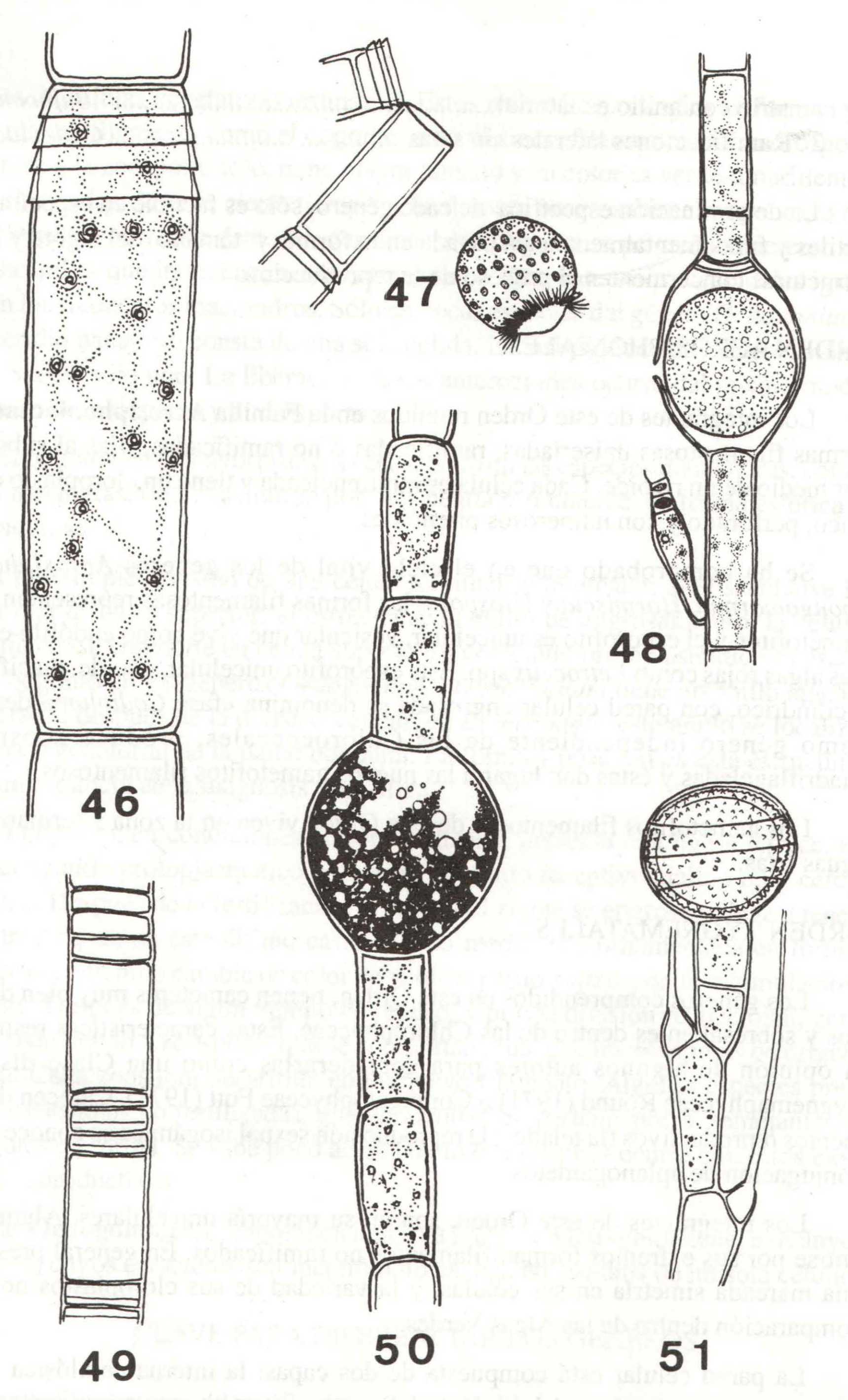


Fig.46 *Oedogonium sp.* detalle de una célula vegetativa mostrando en el extremo distal los casquetes de la división celular progresiva. **Fig.47** *Oedogonium sp.* liberación de una zoospora multiflagelada. **Fig.48** *Oedogonium sp.* filamentos de una especie nanandra, con oogonio y anteridios distales en un filamento masculino nanandro. **Fig.49** *Oedogonium sp.* anteridios en un filamento macrandro. **Fig.50** *Oedogonium sp.* oogonio en un filamento macrandro. **Fig.51** *Bulbochaete gigantea* porción distal de un filamento con un oogonio notorio y espinas hialinas laterales.

Las Zygnematales unicelulares se multiplican por simple división celular, seguida por una inmediata separación de las dos células hijas. En las formas filamentosas como *Spirogyra y Mougeotia*, la multiplicación vegetativa sólo es consecuencia de una fragmentación accidental; los fragmentos son unicelulares o de pocas células, a partir de las cuales se desarrollan los nuevos filamentos. En ciertos géneros el protoplasto se contrae y se transforma en una estructura parecida a espora, presentando la misma forma y ornamentación del zigote. Estas esporas se denominan partenosporas, aunque, es mejor llamarlas aplanosporas. Por otro lado, pocas Zygnematales presentan akinetos.

Sexualmente las Zygnematales, son isógamas. Los gametos conjugantes son ameboides y se forman a partir de una célula vegetativa por transformación de todo el contenido protoplasmático. Durante el proceso de la reproducción sexual se establece una conexión tubular entre los dos gametangios conjugantes; a veces es muy notorio como en *Spirogyra*, o no es perceptible como en *Closterium* y otros. El zigote presenta una pared engrosada y ornamentada en forma variada según las especies. Después de cierto período de reposo y previa reducción nuclear germina en un nuevo individuo. Las células vegetativas que resultan se consideran de condición haploide.

Otro carácter importante de este Orden, es lo referente a su hábitat restringido a ambientes continentales diversos: acuáticos o subaéreos. No existen formas marinas.

Las Zygnematales están constituidas por tres Familias, suscaracteres se anotan a continuación.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LAS FAMILIAS

1. Plantas filamentosas, uniseriadas, no ramificada. .... **Zygnemataceae**

1'. Plantas unicelulares o coloniales.......... 2

2. Células con constricción media, dividida en dos hemicélulas o hemisomas .... **Desmidiaceae**

2'. Células sin constricción media. .... **Mesotaenlaceae**

Familia Zygnemataceae. Los miembros de esta Familia, tienen células cilíndricas permanentemente unidas por sus extremos formando filamentos uniseriados no ramificados. La pared celular no es segmentada y sin poros; con cloroplastos acintados espiralados de posición periférica ocupa toda la longitud de la célula como en *Spirogyra*; con un cloroplasto laminar ancho de posición axial como en *Mougeotia*, o con cloroplastos globosos, radiados de posición axial como en *Zygnema*; con uno o numerosos pirenoides, dispuestos generalmente en una hilera axial en los cloroplastos. El núcleo es central y se mantiene sostenido por hilos

citoplasmáticos como en *Spirogyra*; o se ubica en el puente citoplasmático que une los dos cloroplastos globosos en el género *Zygnema*.

Las células se multiplican por simple división celular, previa división nuclear seguida por una división del protoplasto, previa formación de una pared transversal entre las dos células hijas resultantes; los cloroplastos se dividen transversalmente tal como se observa en *Spirogyra*. La división celular aumenta el número de células en el filamento, más no en el número de filamentos; éste hecho, sólo es factible por fraccionamiento accidental de los filamentos como consecuencia de la fuerza de la corriente de agua donde habitan, o por la acción de animales acuáticos que proliferan en tal hábitat. La multiplicación vegetativa, es el método más común en el aumento de individuos en ambientes de aguas tranquilas. Los filamentos se fragmentan en porciones unicelulares o en filamentos cortos de pocas células; probablemente este fenómeno resulta del cambio químico que se opera en el medio y su efecto sobre la pared transversal de las células.

Las Zygnemataceae, generalmente muestran una periodicidad en la formación de sus elementos sexuales. Cada especie «fructifica» en una determinada época del año, ya en el verano, ya en la primavera. Los factores que inducen a la conjugación no guardan relación con las variaciones ambientales, siendo en algunos casos la temperatura un factor regulante. Potencialmente todas las células vegetativas de un filamento tienen la capacidad de comportarse como gametangios y cada célula reproductiva produce un solo gameto no flagelado, o aplanogameto.

La conjugación de aplanogametos tiene lugar entre gametangios contiguos en un mismo filamento, o entre gametangios opuestos pertenecientes a diferentes filamentos situados paralelamente; en el primer caso no existe un tubo de conjugación visible, sólo existe la formación de un orificio de unión entre la pared lateral de los gametangios conjugantes, denominándose a este tipo de unión sexual conjugación lateral; en el segundo caso, el tubo de conjugación es notorio como en *Spirogyra* y por su apariencia en general a este tipo de conjugación se le llama escaleriforme. A veces, se observan irregularidades en estos tipos de conjugación, siendo conveniente indicar que éstas son características de mucha importancia para la diagnosis específica.

Los aplanogametos son morfológica y fisiológicamente idénticos, considerándose la reproducción sexual como isogámica. Sin embargo, algunas especies muestran una isogamia morfológica y una anisogamia fisiológica. En las especies que presentan conjugación escaleriforme los gametangios se reconocen como masculinos cuando el tubo de conjugación se desarrolla con cierta anterioridad y simultáneamente el aplanogameto se traslada al gametangio opuesto; en cambio se considera como femeninos en el caso contrario y generalmente por llevar el zigote.

El zigote o zigospora ya formado, presenta pared celular constituida por 3 o más capas: la interna es de naturaleza celulósica, la media de igual naturaleza

pero con impregnaciones de quitina, está ornamentada y coloreada y la más externa de pectosa; tiene abundante sustancia de reserva como aceite y almidón y muestran un color pardo-amarillento brillante.

En algunas especies de esta Familia existen casos de partenogénesis, cuando los gametos no son fecundados originan partenosporas, o azigotes, que estructuralmente son idénticos a los zigotes.

Los zigotes en las Zygnemataceae, raras veces germinan inmediatamente. Por lo general permanecen latentes durante cierto tiempo y, después de la reducción nuclear, germinan produciendo un nuevo filamento unicelular que progresivamente se hace pluricelular, por simple división de las células.

Estas Familias comprenden varios Géneros, cuyos caracteres diferenciales se basan en los detalles de sus cloroplastos y el comportamiento en el proceso sexual. Es necesario, por tal razón, disponer de especímenes fértiles para efectuar la diagnosis específicas.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LOS PRINCIPALES GÉNEROS

1. Células con cloroplastos discoidales, o globosos, radiados; no ocupan toda la longitud de la célula 2
   2. Con dos cloroplastos discoidales... .... *Pleurodiscus*
   2'. Con dos cloroplastos globosos radiales... ....*Zygnema*
1'. Células vegetativas con cloroplastos laminar expandido, o acintado: ocupa toda la longitud de la célula. 3
3. Con un cloroplasto axial; con pirenoides........4
   4. Gametangio lleno de mucílago después de la formación del zigote .... *Debarya*
   4'. Gametangio no lleno de mucílago después de la formación del zigote.. *Mougeotia*
3'. Con uno o varios cloroplastos acintados, con pirenoides. 5
5. Cloroplastos marcadamente espiralados,con tubos de conjugación.. .... *Spirogyra*
5'. Cloroplastos ligeramente espiralados o casi paralelos. Conjugan por genuflexión de los gametangios..... ....*Sirogonium*

Familia Mesotaeniaceae. Los Géneros que integran esta Familia, son unicelulares. Sus células son cilíndricas de extremos redondeados o fusiformes; la pared celular no está segmentada y carece de poros; está compuesta de dos, o tres capas: las dos primeras de naturaleza celulósica y la externa pectínica; esta última con un espesor uniforme, firme o gelatinoso: confluente cuando los individuos se presentan agrupados en cantidad como los géneros *Mesotaenium y Cylindrocystis* constituyendo agrupaciones amorfas dentro de un mucílago común.

En las Mesotaeniaceae, encontramos los tres tipos de cloroplastos indicados para las Zygnemataceae: globosos y radiados en *Cylindrocystis* al igual que en *Zygnema*: laminares y axiales en *Mesotaenium y Gonatozygon* similar al de

Mougeotia: y acintadas y espiralados en *Spirotaenia y Genicularia* igual que en *Spirogyra*.

El método de división celular es idéntico al de las Zygnemataceae, sólo que las células hijas se separan inmediatamente.

El fenómeno de la conjugación es frecuente en los miembros de esta Familia. Las células conjugantes, adultas o de formación reciente, se sitúan paralelamente, en un ángulo recto, y se recubren de abundante mucílago. Algunos géneros forman un tubo de conjugación. En este caso los gametos se fusionan y el zigote permanecen entre los dos gametangios hasta su desarrollo posterior, o se libera por gelatinización de la pared del tubo; en otros géneros no existe formación del tubo de conjugación: los gametangios se tocan por sus lados y el zigote se constituye en esta zona. El zigote formado presenta la pared celular engrosada y constituida por tres capas. Después de la reducción nuclear germina produciendo dos a cuatro células hijas, que desarrollan hasta alcanzar el tamaño normal.

Los géneros incluidos en esta Familia se diferencian según la siguiente CLAVE:

1. Células con un cloroplasto, axial o parietal.. 2
   2. Con un cloroplasto parietal espiralado.......... ......*Spirotaenia*
   2'. Con un cloroplasto axial, no espiralado.. 3
3. Células cilíndricas o subcilíndricas; cloroplasto laminar.......... ..4
   4. Células con los extremos planos, muchas veces más largas que su propio ancho.......... ....*Gonatozygon*
   4'. Células con los extremos redondeados, hasta 5 veces más largas que su ancho.. ....*Mesotaenium*
3'. Células cilíndricas, ligeramente atenuadas, rectas o casi curvas; con cloroplasto axial.......... *Roya*
1'. Células con dos, o cuatro cloroplastos.......... 5
5. Con dos cloroplastos globosos radiados..... ....*Cylindrocystis*
5'. Con dos o cuatro cloroplastos, con expansiones laminares radiales y longitudinales. ....*Netrium*

Familia Desmidiaceae. Integran esta Familia individuos de formas muy variadas; de extraordinaria complejidad en su contorno celular y una marcada simetría. Sin duda alguna comprende a las Algas Verdes microscópicas más hermosas. La mayoría viven como individuos solitarios; otras veces, constituyen formas coloniales filamentosas, ondulantes.

Con escasas excepciones como *Closterium* y algunas especies de *Penium*, todas las Desmidiaceae tienen sus células con una constricción media que la divide en dos partes simétricas denominadas hemicélula, y están unidas por una porción angosta llamada istmo. La constricción lateral se denomina seno y varía desde un suave estrechamiento como en *Penium y Hyaloteca*, hasta una incisión relativamente profunda como *Micrasterias, Xanthidium, Cosmarium* y otros.

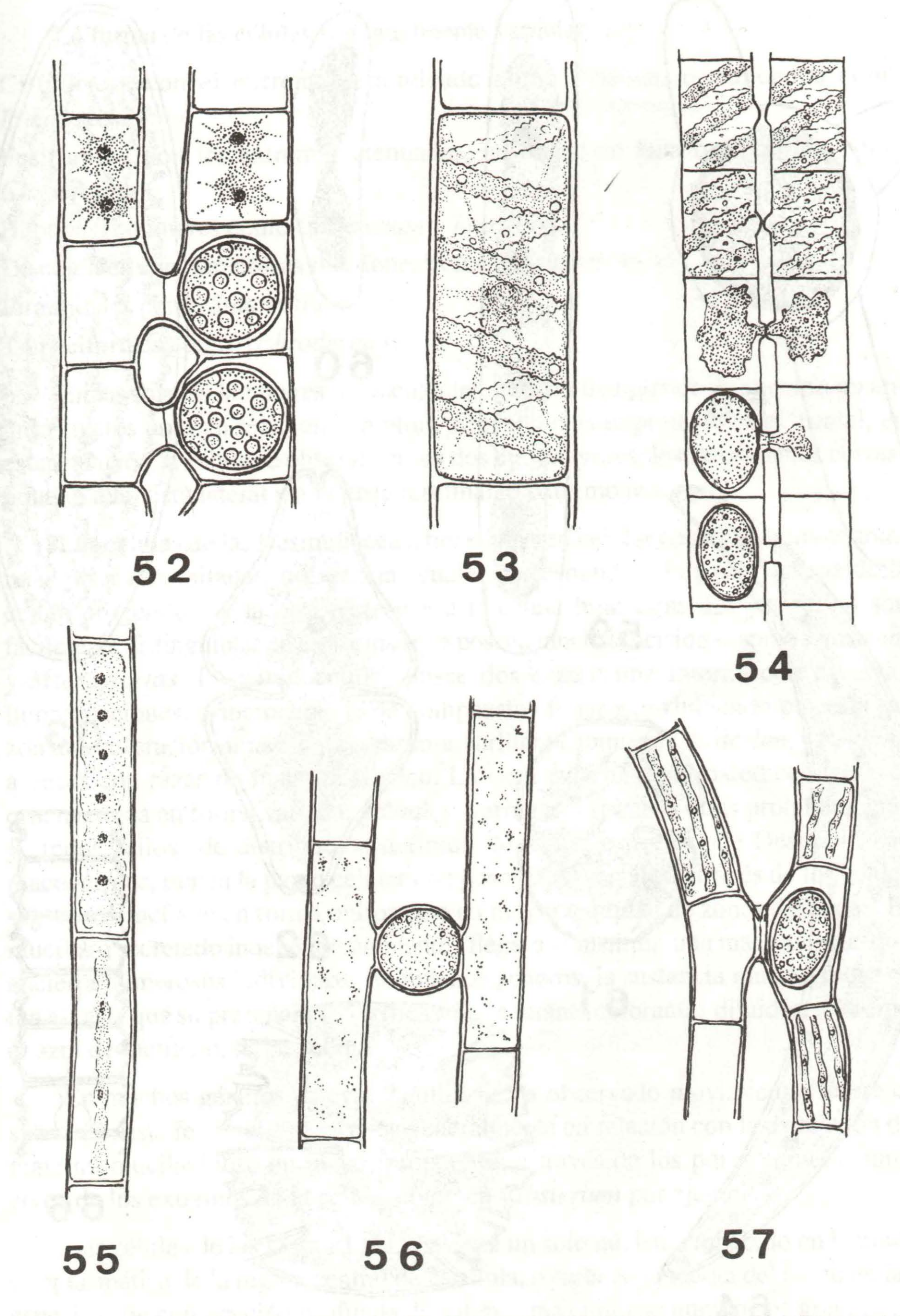
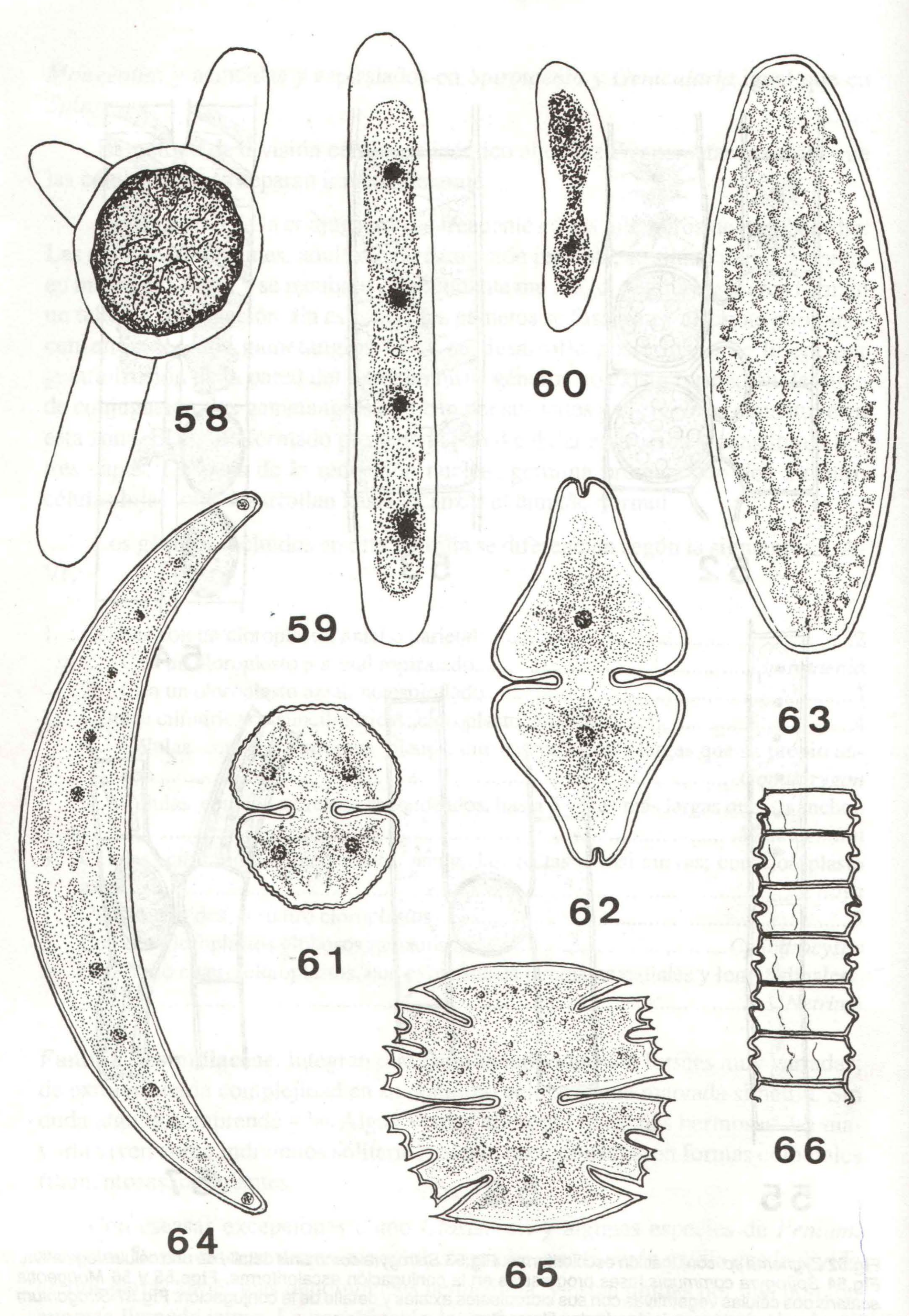


Fig.52 *Zygnema sp.* conjugación escaleriforme. **Fig.53** *Spirogyra communis* detalle de una célula vegetativa. **Fig.54** *Spirogyra communis* fases progresivas en la conjugación escaleriforme. **Figs.55 y 56** *Mougeotia scalaris* dos células vegetativas con sus cloroplastos axiales y detalle de la conjugación. **Fig.57** *Sirogonium sticticum* conjugación genicular de dos filamentos.



Figs.58,59 *Mesotaenium kramstai* detalle de la zigospora y de un individuo unicelular. **Fig.60** *Roya obtusa* un individuo solitario. **Fig.61** *Cosmarium botrytis* un individuo solitario. **Fig.62** *Euastrum sp.* individuo en vista frontal. **Fig.63** *Netrium sp.* detalle de un individuo. **Fig.64** *Closterium sp.* organización celular. **Fig.65** *Micrasterias sp.* organización celular. **Fig.66** *Hyalotheca sp.* porción de un individuo colonial.

La forma de las células son igualmente variadas:

Cilíndricas con el extremo redondeado como *Penium*, o truncados como *Pleurotaenium*.

Fusiformes, con los extremos atenuados, en forma de luna o arqueadas como *Closterium*.

Elípticas, laminares como *Cosmarium y Euastrum*.

Discoidales con numerosas incisiones como *Micrasterias*.

Piramidales como *Staurastrum*.

Trapeciformes como *Arthrodesmus*.

En las formas laminares, o discoidales, existen tres planos de simetría en ángulos rectos unas en relación con otras. El plano más importante es el frontal; en esta situación la célula se observa en sus dos ejes mayores; los otros planos corresponden a la vista lateral y a la vista terminal, o extremo terminal.

Las células de las Desmidiaceae, tiene la pared celular constituida invariablemente por dos mitades, unas de las cuales corresponde a la pared celular de la célula progenitora y la otra pertenece a la célula hija; estas dos partes, no son fácilmente distinguibles en las formas que poseen muchas incisiones como *Euastrum y Micrasterias*. La pared celular posee dos capas: una interna con diversas impregnaciones, principalmente de compuestos férricos, exhibiendo por esta razón una coloración amarillenta o pardo-amarillenta como en *Closterium y Penium*, a veces con razas de material silícico. La capa externa de la pared celular, está ornamentada en forma variada: gránulos, verrugas, espinas u otras protuberancias y todos ellos de distribución definida. Muchas especies de Desmiciaceae placodermae, tienen la pared celular con poros transversales a través de los cuales segregan mucílago en forma uniforme o en mayor cantidad de zonas definidas. El mucílago secretado independientemente, llega a constituir una masa amorfa que encierra numerosos individuos. En muchos géneros, la sustancia mucilaginosa es tan escasa, que su presencia se verifica sólo mediante colorantes diluidos, tal como el azul de metileno, o tinta china.

En muchos géneros de esta Familia, se ha observado movimientos sobre el substrato; este fenómeno se explica generalmente en relación con la exudación de material mucilaginoso en mayor proporción a través de los poros situados muy cerca de los extremos de la célula, como en *Closterium* por ejemplo.

Las células de las Desmidiaceae, tienen un solo núcleo, embebido en la masa citoplasmática de la región central de la célula, o en la zona media del istmo en las especies con constricción profunda. El citoplasma contiene numerosos gránulos y cristales dotados de movimientos muy visibles en *Closterium*. Los cloroplastos son muy variados en forma y disposición: son laminares radiados, acintados en forma de banda; generalmente axiales, a veces, parietales. Cada hemisoma posee

generalmente un solo cloroplasto, aunque en muchas especies encontramos dos cloroplastos en cada hemisoma; los pirenoides varían también en número, tamaño y disposición en los distintos géneros y especies.

Las células de *Closterium, Penium y Pleurotaenium* presentan una gran vacuola en sus extremos: en su interior se hallan cristales de yeso en continuo movimiento; su origen y función no han sido bien establecidos, aceptando que son resultado del proceso metabólico y con funciones relacionadas con la luz, o la gravedad.

Los géneros que integran esta Familia se multiplican asexualmente por simple división celular, previa mitosis nuclear; las células hijas crecen hasta alcanzar el tamaño normal de la especie y luego continúa dividiéndose en generaciones sucesivas mientras las condiciones ambientales se mantengan favorables. Como consecuencia del proceso de división celular, una de las semicélulas resultan de una o más generaciones que la otra conservando una de ellas la pared celular de la célula progenitora. Por eso éstas se llaman desmidias placodermeas en oposición a las desmidias sacodermeas que tienen la pared celular de una sola pieza como en las Mesotaeniaceae.

La reproducción sexual es isogámica y se efectúa por conjugación de aplanogametos. Los elementos sexuales se forman en el interior de la célula vegetativa transformada en este caso en gametangio. En la mayoría de las especies no existe formación del tubo de conjugación;a veces, es muy rudimentario como en *Closterium*, o ligeramente notorio como en *Desmidium*. En el proceso sexual las células conjugantes se acercan y se disponen en forma paralela, o perpendiculares entre sí, estableciéndose la unión en la parte media donde se tocan. Los aplanogametos migran a través del tubo y se fusionan, constituyendo el zigote o zigospora. Finalmente, la pared del zigote se torna gruesa lisa u ornamentada; después de cierto período de reposo y previa meiosis cromática germina, dando lugar a dos nuevos individuos.

Los integrantes de esta Familia, habitan estrictamente ambientes de agua dulce preferentemente aguas tranquilas, estancadas: charcas o arroyos ricos en materia orgánica y poco aireada. La naturaleza del suelo, la composición química de agua, y el pH son factores importantes en la presencia o ausencia de estos organismos. Algunos géneros como *Closterium* habitan en suelos húmedos, expuestos: otros como *Staurastrum, Arthrodesmus, Xanthidium*, están adaptados a la vida planctónica.

Las Desmidiaceae, agrupan muchos géneros, a continuación se presenta una CLAVE para diferenciar aquellos de rasgos más sobresalientes :

1. Células solitarias, ocasionalmente en pares, unidas por sus extremos..........................2
    2. Células con constricción media.. 3
3. Longitud celular varias veces mayor que su ancho; ápice de las células sin hendidos.. 4

4. Base de la célula plegada ... *Docidium*
4'. Base de la célula no plegada. ... *Pleurotaenium*
3'. Longitud celular no menor que su ancho ... 5
5. Células comprimidas. ... 6
6. Semicélulas con los ápices hendidos ... 7
7. Bordes laterales con hendidos profundos. ... *Micrasterias*
7'. Bordes laterales con hendidos no profundos. ... *Euastrum*
6'. Semicélulas con los ápices no hendidos ... 8
8. Bordes laterales hendidos profundamente. ... *Micrasterias*
8'. Bordes laterales no hendidos ... 9
9. Con espinas ... 10
10. Cara frontal con protuberancia central ... Xanthidium
10'. Cara frontal sin protuberancia central. ... *Arthrodesmus*
9'. Sin espinas ... 11
11. Ápice de las hemicélulas con dos procesos espinosos divergentes ... *Staurastrum*
11'. Ápice de las semicélulas sin proceso espinosos ... *Cosmarium*
5'. Células no comprimidas, con simetría radial ... 12
12. Carafrontal con protuberancia central ... *Xanthidium*
12'. Cara frontal sin protuberancia central ... *Staurastrum*
2'. Células sin constricción media. ... 13
13. Células rectas, cloroplasto laminar axial ... *Penium*
13'. Células fusiformes o curvadas atenuadas en sus extremos, cloroplasto laminar axial con estriaciones longitudinales, con dos vacuolas en sus extremos ... *Closterium*
1'. Células agrupadas formando colonias filamentosas. ... 14
14. Células unidas por sus extremos formando filamentos no ramificados. ... 15
15. Células unidas por medio de procesos apicales ... 16
16. Con procesos cortos, veces reducidos a tubérculos. ... *Sphaerozosma*
16'. Con procesos largos que sobrepasa a las células adyacentes ... *Onychonema*
15'. Células no unidas por procesos apicales ... 17
17. De contorno circular vista por sus extremos ... *Hyalotheca*
17'. De contorno elíptico vista por sus extremos. ...
18. Células muy comprimidas,constricción media profunda ... *Spondylosium*
18'. Células no muy comprimidas, constricción media no profunda ... *Desmidium*
14'. Células no unidas por sus extremos ... 19
19. Cubierta mucilaginosa ramificada dicotómicamente ... *Oocardium*
19'. Cubierta mucilaginosa no ramificada dicotómicamente ... *Cosmocladium*

ORDEN ULOTRICHALES

Este Orden constituye un grupo natural dentro de las Chlorophyta. Generalmente está integrado por géneros de organización filamentosa, no ramificadas; con células uninucleadas, con un cloroplasto laminar parietal y uno o más pirenoides.

Algunos miembros menos evolucionados de este Orden, como el género

Geminella, presentan estadios palmeloides en contraste con la organización filamentosa definida de los miembros más evolucionados. Es evidente, que este tipo de organización deriva de formas unicelulares móviles o de ancestros con organización palmeloide.

Las células de las Ulotrichales, presentan una pared celular definida y constituida por dos capas; la interna celulósica y la externa de naturaleza pectínica, esta última a veces fina y consistente, o amplia y acuosa como en *Stichococus y Geminella* respectivamente. En ciertos géneros como *Cylindrocapsa* la pared celulósica es estratificada y concéntrica cubriendo toda la célula; en cambio, en otros géneros, como *Microspora*, consta de dos mitades que tienen forma de H entre dos células contiguas. En muchos géneros la pared celular lleva setas hialinas, delicadas, o de variada estructura. El cloroplasto es generalmente laminar o acintado, parietal; en forma de anillo casi cerrado, ecuatorial, ocupando toda la célula, o parte de ella; con uno o varios pirenoides o sin ellos.

Las Ulotrichales se multiplican vegetativamente por fragmentación accidental del talo pluricelular. Asexualmente producen zoosporas son biflageladas o cuadriflageladas y se forman en un número de 2, 4, 8, o 16 en las células grandes o solamente una en las células pequeñas. En algunos géneros como en *Ulothrix* se forman dos tipos de zoosporas: microsporas y macrosporas, diferentes no sólo en el tamaño, sino también, en sus caracteres morfológicos y fisiológicos. Otros géneros como *Microspora*, produce una simple aplanosporas, frecuentemente ésta espora se considera como hipnospora. Por otra parte se ha constatado la presencia de akinetos en algunos géneros pertenecientes a este Orden.

Sexualmente la mayoría de los géneros son isógamos, algunos como *Cylindrocapsa* presentan una oogamia algo diferente de la forma típica. Los gametos generalmente son biflagelados raramente cuadriflagelados. El zigote desarrolla inmediatamente una nueva planta o permanece en reposo después de engrosar su pared celular: finalmente germina.

En algunos miembros de las Ulotrichales como en *U. flacca* observa una alternancia de generaciones isomórficas. En otras, por otro lado, la generación diploide o gametofito es filamentoso y el esporofito es ovoide.

Los numerosos géneros incluidos en este Orden viven en diferentes ambientes acuáticos. Especies de *Ulothrix* forman matas felpudas sobre la superficie de rocas y maderas en ambientes subaéreos, agua dulce, salobre y hábitats marinos.

Comprenden a diferentes familias cuyos caracteres más sobresalientes se indican en la clave que a continuación presentamos:

CLAVE PARA DIFERENCIAR LAS PRINCIPALES FAMILIAS

1. Cloroplastos con pirenoides 2
   2. Células Cilíndricas, formando filamentos uniseriados,a veces más anchas que largas, con los extremos redondeados,incluidos en un estuche mucilaginososamplio, en una misma línea, ligeramente distantes entre sí.Cloroplasto parietal con un solo pirenoide .... **Ulotrichaceae**
      Géneros importantes:
      Ulothrix, Hormidium, Uronema, Geminella, Stichococcus, Binuclearia.
   2'. Células cilíndricas-ovoides, constituyendo un filamento uniseriado, raras veces en dos hileras, o desarrollan estadios palmeloides dentro de una cubierta mucilaginosa tubular. Cloroplasto estrellado con un solo pirenoide.
      .... **Cylindrocapsaceae**
      Género representativo:
      Cylindrocapsa

1'. Cloroplastos sin pirenoide. Células cilíndricas formando filamento uniseriados; generalmente sésiles. Pared celular con pinzas en H, articuladas y uniendo la mitad de dos células contiguas. Cloroplasto articulado .... **Microsporaceae**
   Género representativo:
   Microspora

ORDEN SPHAEROPLEALES

Este Orden comprende a la Familia Sphaeropleaceae con el género típico *Sphaeroplea.* Este se caracteriza por ser filamentoso no ramificado. Las células son muy largas, de 15 a 60 veces más largas que su diámetro; tiene la pared celular extremadamente delgada y sin estuche mucilaginoso. Cada célula tiene una serie lineal de vacuolas, separadas por bandas citoplasmáticas transversales; cada banda contiene varios núcleos y un cloroplasto laminar en forma de anillo y lleva varios pirenoides.

Se reproducen asexualmente por fragmentación y sexualmente es oógama.

Otro género asignado a esta Familia es *Atractomorpha.*

Habitan en agua dulce constituyendo natas flotantes.

Esta Familia ha sido considerada por otros autores como miembro de las Ulotrichales, de las Cladophorales o de las Siphonocladales.

ORDEN ULVALES

Este Orden incluye a las algas verdes, laminares y tubulares más conocidas: *Ulva* y *Enteromorpha.* El talo es monoestromático como en *Monostroma* o biestromático como en *Ulva,* forman un tubo hueco monostromático como en *Enteromorpha* o es tubular sólido como en *Schizomeris.*

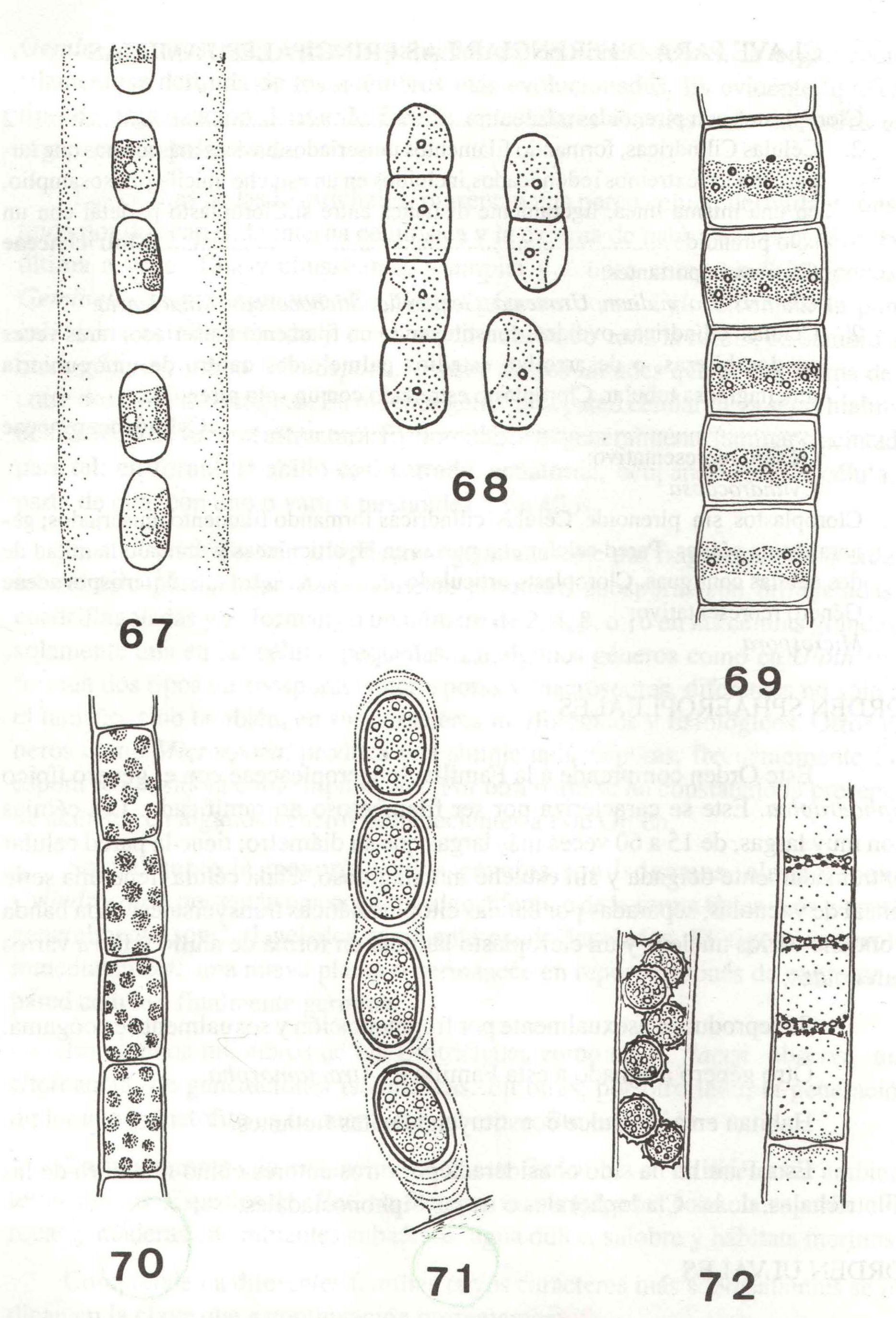


Fig.67 *Geminella interrupta* detalle de un pseudofilamento, con células independientes ordenadas axialmente en un estuche amplio. **Fig.68** *Stichococcus bacilaris* filamentos cortos,que se disgregan en sus células. **Fig.69** *Ulothrix zonata* corto fragmento de un filamento uniseriado, células en forma de barril con cloroplasto laminar ecuatorial. **Fig.70** *Microspora sp.* porción de un filamento con células cilíndricas. **Fig.71** *Cylindrocarpa geminella,* filamento sésil, con células ovoides incluidas en un mucílago de capas estratificadas. **Fig.72** *Sphaeroplea annulina* porción conteniendo zigotes y detalle de un célula vegetativa.

Las células son pequeñas de contorno poligonal en vista superficial y cúbicas en sección transversal, con un solo cloroplasto radial axial o generalmente laminar parietal, con uno o varios pirenoides.

Se reproducen asexualmente por zoosporas bi o cuadriflageladas y sexualmente son isogametos y anisogametos. El ciclo de vida es digenético, haplodiploide isomórfico como en *Ulva*, o heteromórfico como en *Monostroma* cuyo esporofito es unicelular denominado «fase *Codiolum*».

La mayoría de las Ulvales son marinas, pocas viven en agua dulce y salobre.

Este Orden está considerado por algunos autores como una familia de las **Ulotrichales** y comprende a las Familias **Percursariaceae, Schizomeridaceae, Monostromaceae, Prasiolaceae y Ulvaceae**, caracterizadas según esta Clave:

1. Talo filamentoso biseriado o pluriseriado, células con un cloroplasto laminar, parietal. 2
   2. Talo filamentoso biseriado erguido que se origina de un disco postrado. Habita en el ambiente marino .... **Percursariaceae**
      Género representativo:
      Percursaria
   2'. Talo filamentoso sólido pluriseriado en su amyor parte uniseriado sólo en la parte basal. habita en corrientes de agua dulce .... **Schizomeridaceae**
      Género representativo:
      Schizomeris

1'. Talo laminar monoestromático o biestromático o tubular, células con un cloroplasto radial axial o laminar parietal........ 3

3. Talo laminar monoestromático........ 4
   4. Células con un cloroplasto radiado, axial. Habita en agua dulce y marina, semeja ejemplares en miniatura de*Ulva o Monostroma* .... **Prasiolaceae**
      Género típico:
      Prasiola
   4'. Células con un cloroplasto laminar parietal. Habita en agua dulce, salobre y marin .... **Monostromaceae**
      Género representativo:
      Monostroma

3. Talo laminar biestromático o tubular hueco, células con un cloroplasto laminar parietal, fijos al substrato por medio de un disco o filamentos rizoidales. La mayoria son marinos .... **Ulvaceae**
   Géneros representativos:
   Ulva, Enteromorpha, Ulvaria

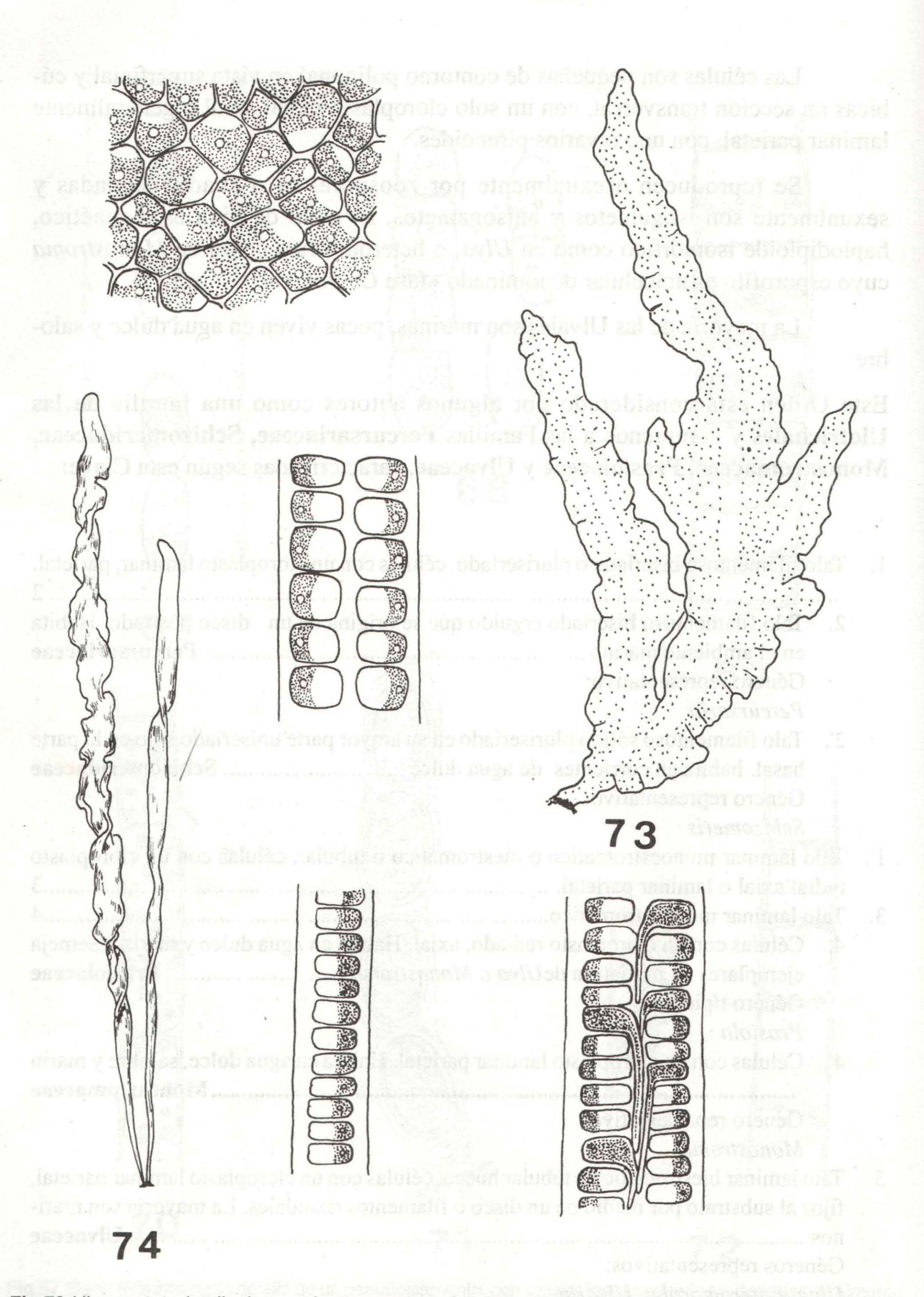


Fig.73 *Ulva costata* detalle de una planta completa. Células poligonales en vista superficial. Sección transversal biestromática de la parte media y sección transversal de la porción perenne con células provistas de filamentos rizoidales. **Fig.74** *Enteromorpha intestinalis* detalle de dos individuos tubulares y naturaleza monostromática del talo en sección transversal.

ORDEN DASYCLADALES

Este Orden comprende a una sola Familia **Dasycladaceae** que comprende a más de 150 géneros extinguidos y sólo 11 actuales. El talo generalmente calcificado, esta constituido por un eje axial sifonáceo primario, provisto de un rizoide y de ramas verticiladas laterales de varios órdenes, dispuestas libremente muy sueltas entre sí o agrupadas densamente como en *Batophora y Cymopolia* respectivamente.

En *Cymopolia* las últimas y penúltimas ramas están infladas y comprimidas lateralmente entre sí, mostrando superficies externas exagonales.

El talo sifonáceo es uninucleado y luego multinucleado durante la reproducción; tiene el citoplasma restringido a la cara interna de la pared celular constituida principalmente de manano; lleva muchos cloroplastos discoidales o lenticulares con o sin pirenoides.

Durante la reproducción los gametangios a modo de quistes operculados se forman a partir del eje axial o de las ramas laterales de primer orden; liberan isogametos cuando la planta se desintegra.

Este es el único Orden de las Chlorophyta que tiene géneros fósiles que vivieron en el Ordoviciano, con períodos de abundancia y diversidad en el Carbonífero, Jurásico, Cretácico y Eoceno. De los 11 géneros actuales 3 se reconocen desde el Cretácico.

Los géneros representativos de este Orden y Familia son *Acetabularia, Bornetella, Neomeris, Cymopolia y Batophora*, éstos viven exclusivamente en el ambiente marino tropical y subtropical.

ORDEN SIPHONOCLADALES

Los integrantes de este Orden tienen el talo vesicular (no celular) macroscópico. La vesícula primaria tiene un rizoide generalmente septado, esta vesícula puede continuar simple o a ésta se agrega otras que se originan del rizoide o la vesícula resulta septada. Este proceso de septación rizoidal y vesicular de denomina «**división segregativa**», proceso por el cual el protoplasto se separa en porciones multinucleadas de tamaños diferentes. Los segmentos se disponen hacia el centro del rizoide o se redondea externamente y secretan una pared. En algunos géneros como *Dictyosphaeria* se forman vesículas secundarias a partir de la primaria. Cada vesícula tiene cloroplastos reticulados, formados por la unión de cloroplastos poligonales pequeños y cada uno con un pirenoide.

Se reproducen asexualmente por zoosporas cuadriflageladas y sexualmente son isógamas.

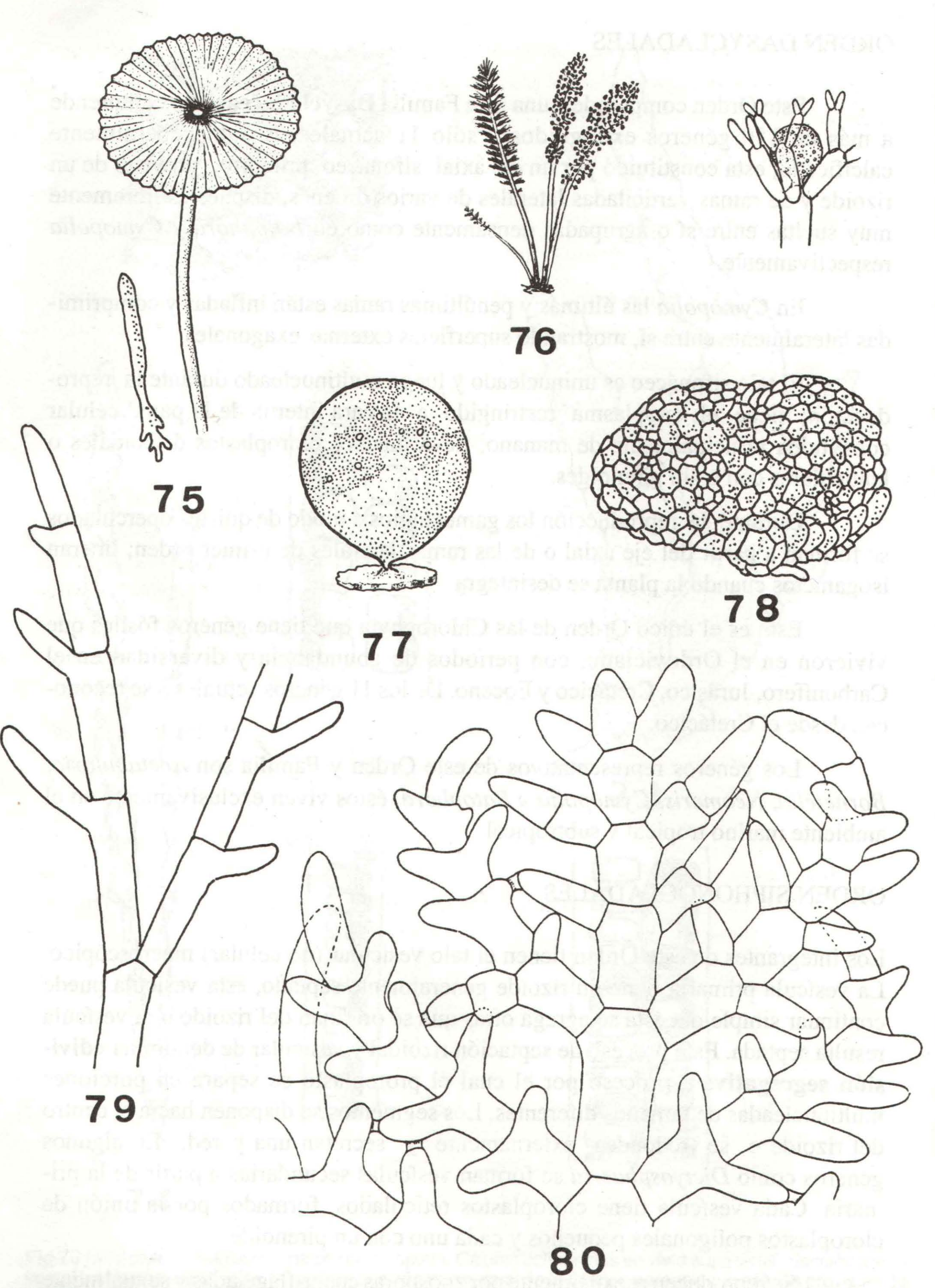


Fig.75 *Acetabularia crenulata* detalle de un eje joven y en estado fértil. **Fig.76** *Batophora oerstedi* detalle de un grupo de plantas y rama fructífera. **Fig.77** *Valonia ventricosa* célula ovoide. **Fig.78** *Dyctiosphaeria cavernosa* característica morfológica de un individuo. **Fig.79** *Cladophoropsis membranaceae* porción de un talo. **Fig.80** *Struvea anastomosans* porción distal del talo.

Este Orden incluye a dos Familias: **Valoniaceae** con los géneros *Valonia, Ernodesmis y Dictyosphaeria* y **Siphonocladaceae** con los géneros *Siphonocladus, Chamaedoris, Cladophoropsis, Boodlea y Struvea.*

Todos están confinados a las aguas marinas tropicales.

ORDEN CAULERPALES

Este Orden denominado también Siphonales, Bryopsidales, Codiales o Derbesiales, es el más notable entre las Algas Verdes. Siendo sus integrantes extremadamente variados en forma y tamaño, todos son fundamentalmente semejantes pues el talo es un sistema cenocítico simple o complejo, ramificados, frecuentemente constrictos, pero raras veces septado, excepto en la base de los órganos reproductivos.

Las Caulerpales a pesar de su complejidad externa, tienen el cenocito con una vacuola central que se extiende sin interrupción en toda su longitud y en las ramificaciones. El citoplasma es una capa relativamente fina, adherida a la cara interna de la pared celular, lleva los núcleos hacia adentro y los cloroplastos lenticulares o discoidales, con pirenoides o sin ellos hacia la superficie externa. En algunos casos como en *Caulerpa* el cenocito tiene septas internas formadas a modo de anillos de engrosamiento.

Otros géneros como *Halimeda y Penicillus* tienen el talo impregnado externamente con carbonato de Ca. Estos géneros tienen un rol importante en la formación de los arrecifes de corales.

Las Caulerpales se reproducen asexualmente por zoosporas y aplanosporas. Vegetativamente se multiplican por escisión de las ramas o porciones prolíferas del talo o desarrollan porciones adheridas a la planta adulta. Sexualmente son isógamas u oógamas.

Este Orden comprende a varias familias, de ellas sólo una vive en agua dulce; la mayoría en cambio, habita en aguas marinas preferentemente tropicales.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LAS FAMILIAS

1. Sistema cenocítico simple, con un solo eje axial 2
   2. Talo generalmente diferenciado, diferenciado en rizoides no pigmentado y fronde fotosintético erguido, diferenciado en estípite cilíndrico corto a estolonífero, con ramas laterales de formas variadas; con septas o trabéculas internas. Habita en los mares tropicales y subtropicales .... **Caulerpaceae**
   Género representativo: *Caulerpa*
   2'. Talo generalmente no diferenciado; sin septas o trabéculas internas 3
3. Talo filamentoso no diferenciado, con ramificación dicotómica y numerosas

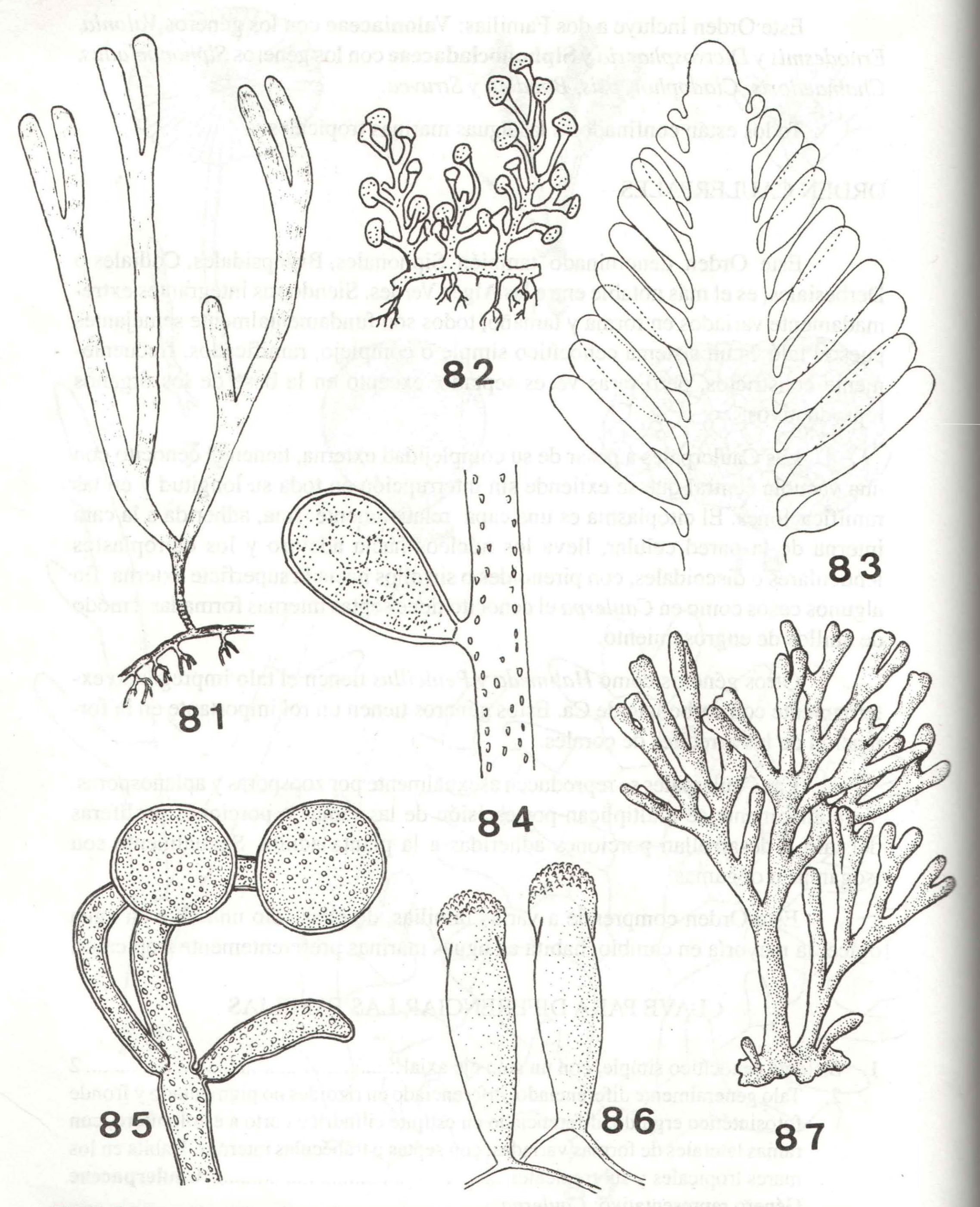


Fig.81 *Caulerpa flagelliformis* var. *ligulata* detalle del talo diferenciado en estolón, rizoide y ejes erguidos. **Fig.82** *Caulerpa racemosa* var. *uvifera* porción de la planta con eje estolonífero, rizoides y ejes erguidos con ramas laterales de ápice globular. **Fig.83** *Bryopsis galapagensis* extremo distal y ramificaciones. **Fig.84** *Derbesia marina* porción del talo sifonáceo y un esporangio lateral. **Fig.85** *Dichotomosiphon tuberosus* porción del talo con ramas fértiles. **Figs.86,87** *Codium peruvianum* detalle del dos utrículos y morfología del talo.

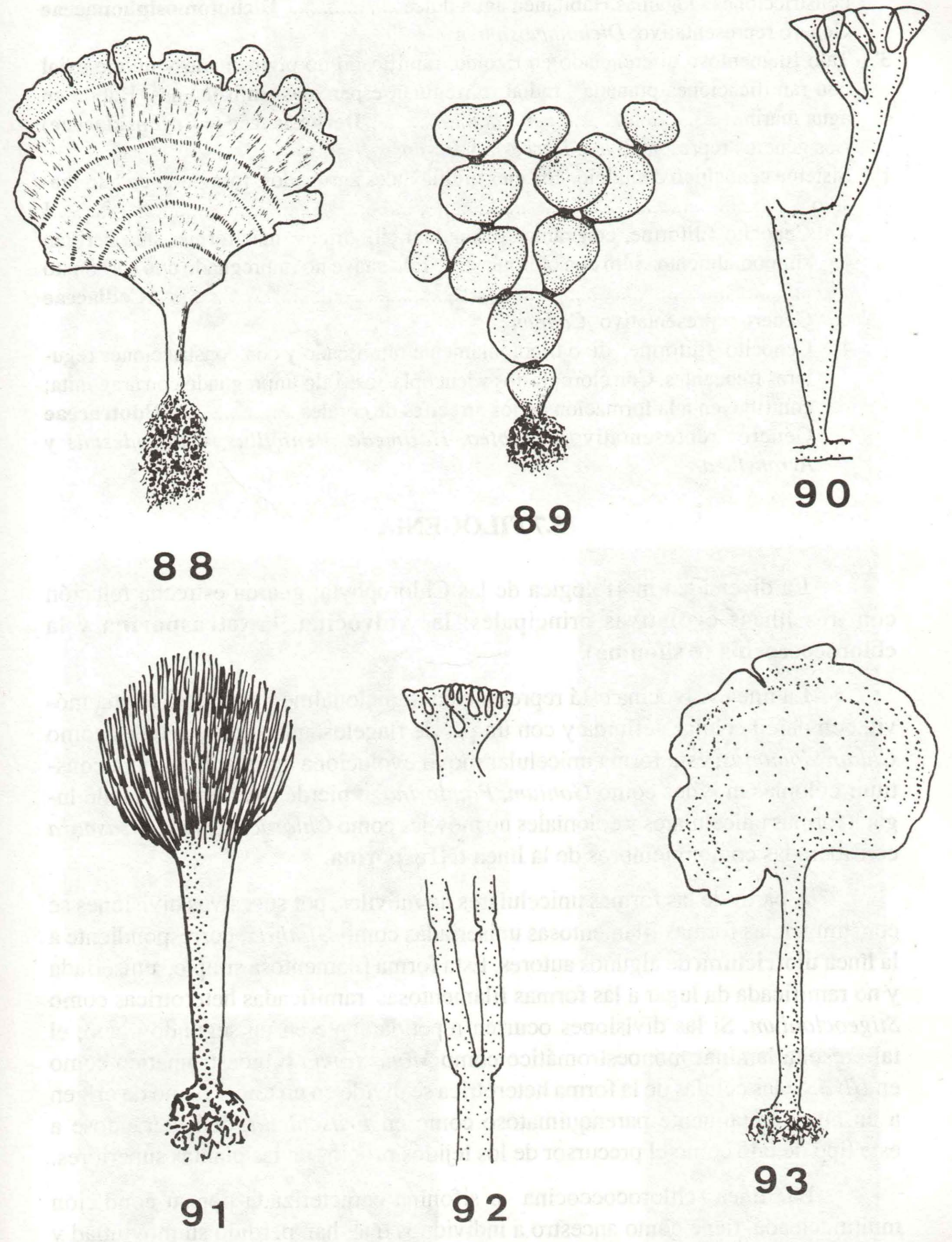


Fig.88 *Udotea conglutinata* morfología general de un especimen. **Fig.89** *Halimeda tuna* forma de un especimen poco desarrollado. **Fig.90** *Halimeda simulans* detalle de un retrículo. **Figs.91,92** *Penicillus lamourouxii* detalle de la morfología de un individuo y de un utrículo en su parte media y terminal. **Fig.93** *Avrainvillea asarifolia* morfología de un individuo.

constricciones.Oógamas.Habitanen agua dulce .... **Dichotomosiphonaceae**
Género representativo: *Dichotomosiphon*

3'. Talo filamentoso diferenciado en rizoide, ramificado no pigmentado y un eje axial con ramificaciones pinnadas, radial o irregular, esparcidas. Anisógamas. Habita en agua marina .... **Derbesiaceae** (=**Bryopsidaceae**)
Los géneros representativos: *Derbesia y Bryopsis*

1'. Sistema cenocítico complejo, con ejes multiaxiales agrupados, formando un talo masivo 4

4. Cenocito filiforme, con ramas (utrículos) cilíndricos, maciformes que derivan simpodialmente. Sólo con cloroplastos. Talo suave no impregnado con carbonato .... **Codiaceae**
Género representativo: *Codium*

4'. Cenocito filiforme, di o tricotomamente ramificado y con constricciones regulares frecuentes. Con cloroplastos y leucoplastos. Talo impregnado con aragonita; contribuyen a la formación de los arrecifes de corales .... **Udoteaceae**
Géneros representativos: *Udotea, Halimeda, Penicillus, Chlorodesmis y Avranvillea.*

5.7 FILOGENIA

La diversidad morfológica de las Chlorophyta, guarda estrecha relación con tres líneas evolutivas principales: la **volvocina**, la **tetrasporina** y la **chlorococcocina** (o **sifonina**).

La línea volvocina está representada tradicionalmente por una forma móvil, con pared celular definida y con un par de flagelos anteriores e iguales como *Chlamydomonas*; ésta forma unicelular móvil evoluciona agrupandose para constituir colonias móviles como *Gonium, Pandorina*, o pierde sus flagelos dando lugar a formas unicelulares y coloniales no móviles como *Chlorococcum y Tetraspora* consideradas como miembros de la línea **tetrasporina**.

A partir de las formas unicelulares no móviles, por sucesivas divisiones se constituyen las formas filamentosas uniseriadas como *Ulothrix*, correspondiente a la línea **ulotrichina** de algunos autores. Esta forma filamentosa simple, uniseriada y no ramificada da lugar a las formas filamentosas ramificadas heterotricas como *Stigeoclonium*. Si las divisiones ocurren repetidamente en un segundo plano, el talo resulta laminar monoestromático como *Monostroma* o bioestromático como en *Ulva*. Si las células de la forma heterotrica se divide en un tercer plano da origen a un talo parcialmente parenquimatoso como en *Fritschiella*, considerándose a este tipo de talo como el precursor de los tejidos propios de las plantas superiores.

La línea chlorococcocina o sifonina caracterizada por su condición multinucleada, tiene como ancestro a individuos que han perdido su movilidad y capacidad de división para dar lugar a células hijas como es el caso de *Centrosphaera*. Posiblemente una septación ocasional del talo cenocítico dio lugar

Fig.94 *Volvox aureus* porción peroférica de una colonia. **Fig.95** *Gonium pectorales* Colonia móvil de 16 células. **Fig.96** *Pediastrum duplex* var.*clathratum* colonia cenóbica de 16 células. **Fig.97** *Tetraspora gelatinosa* porción de una colonia. **Fig.98** *Pediastrum tetras* colonia cenóbica de 8 células.

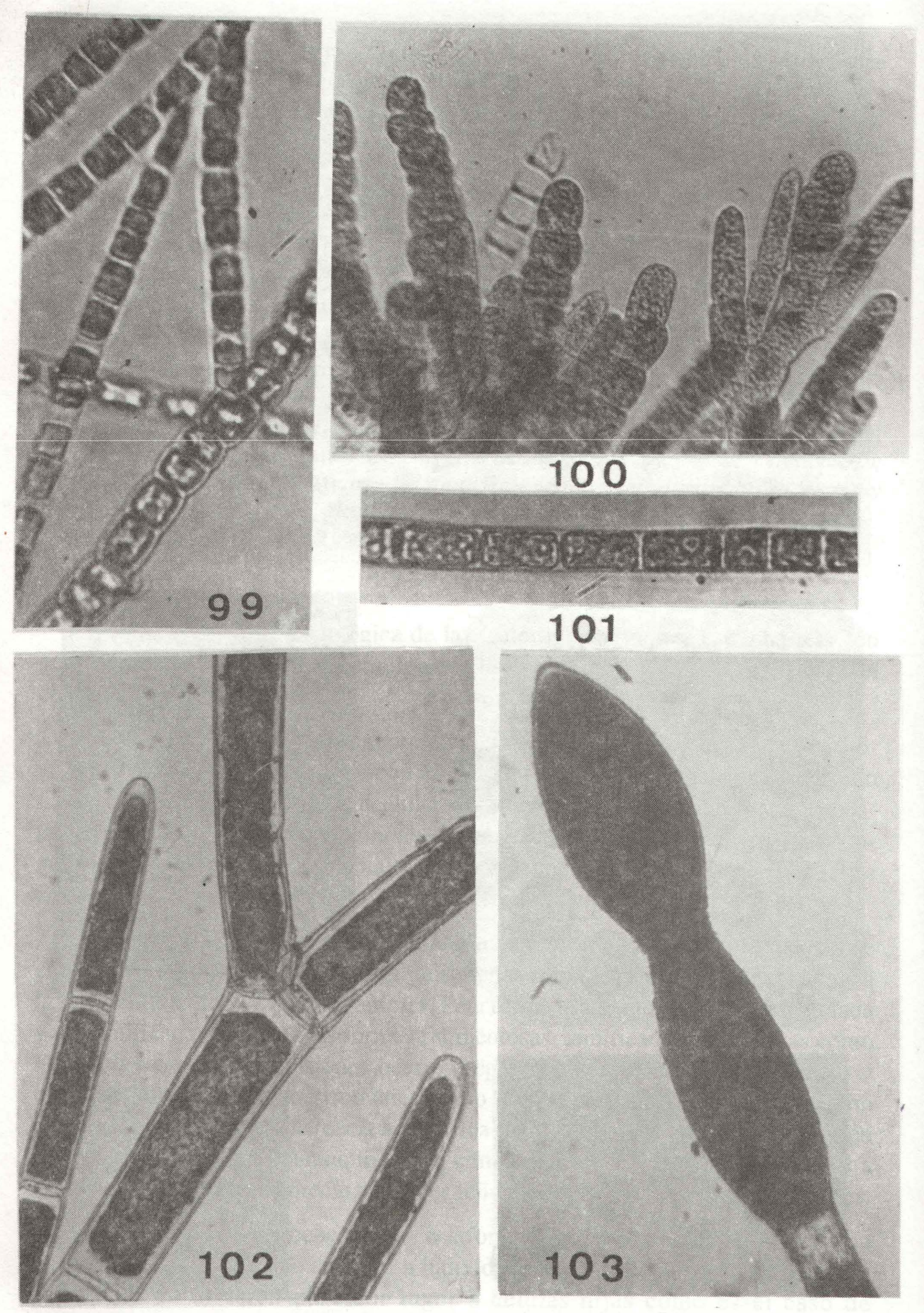
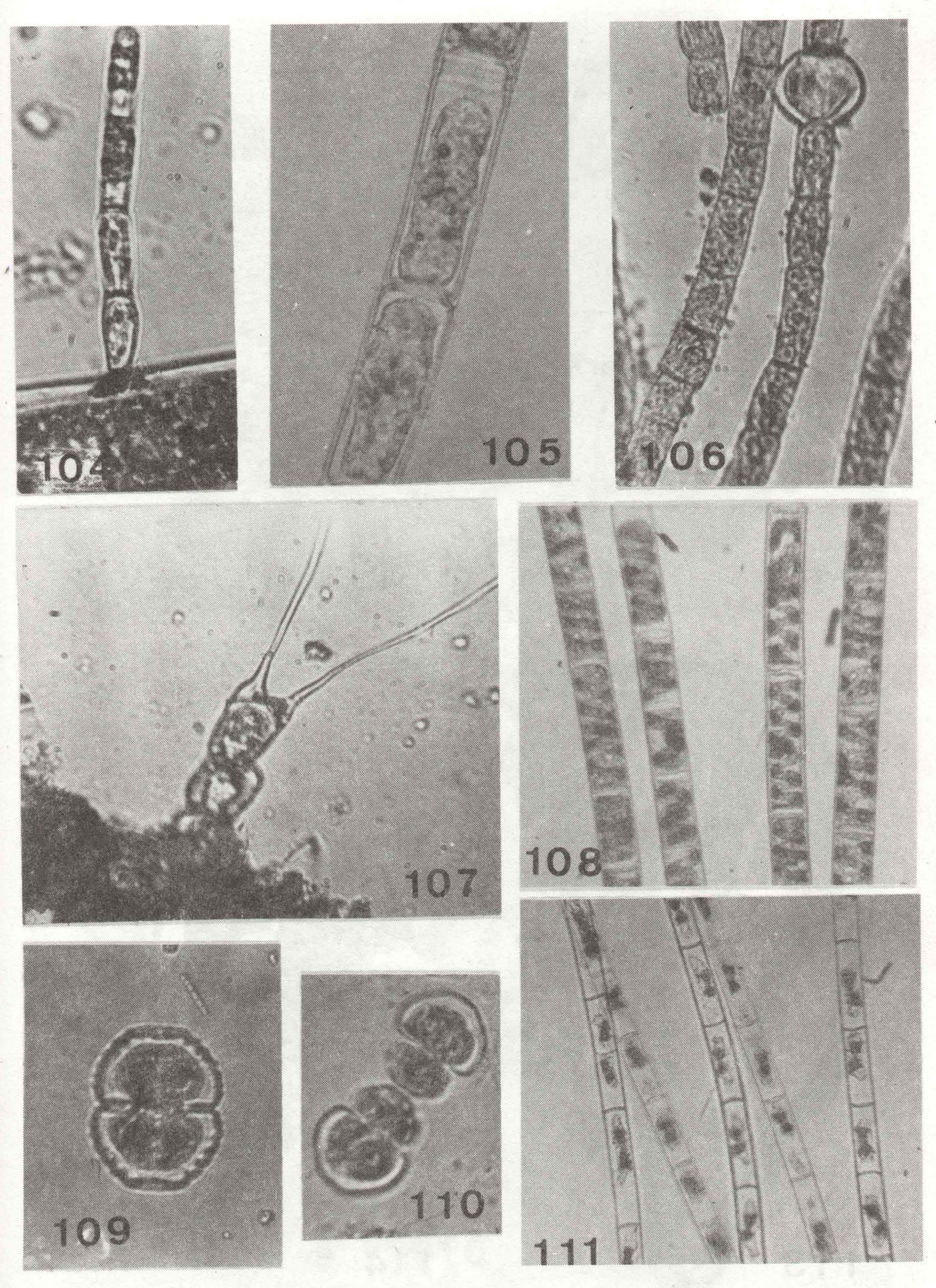


Fig.99 *Stigeoclonium lubricum* porciones de la parte erguida formada de las células. **Fig.100** *Cloniophora macrocladia* extremo terminal de varios ejes filamentosos. **Fig.101** *Ulothrix* sp. filamento uniseriado con células indoviduales. **Fig.102** *Cladophora glomerata* ramificación dicotómica y célula apical. **Fig.103** *Pithophora oedogonia* detalle de dos aquinetos terminales.



Figs.104-106 *Oedogonium* sp. individuo juvenil epífito por medio de un disco de la célula basal, células vegetativas con casquetes distales de la división celular, y filamento con un oogonio. **Fig.107** *Bulbochaete minor* individuo pequeño, epífito. **Fig.108** *Spirogyra communis* detalle de varios filamentos: células cilíndricas y cloroplastos cintados espiralados. **Fig.109** *Cosmarium botrytis* detalle de un individuo. **Fig.110** *Cosmarium subtumidum* división celular y formación de las hemicélulas de los nuevos individuos. **Fig.111** *Zygnema* sp. varios filamentos con cloroplastos radiados axiales.

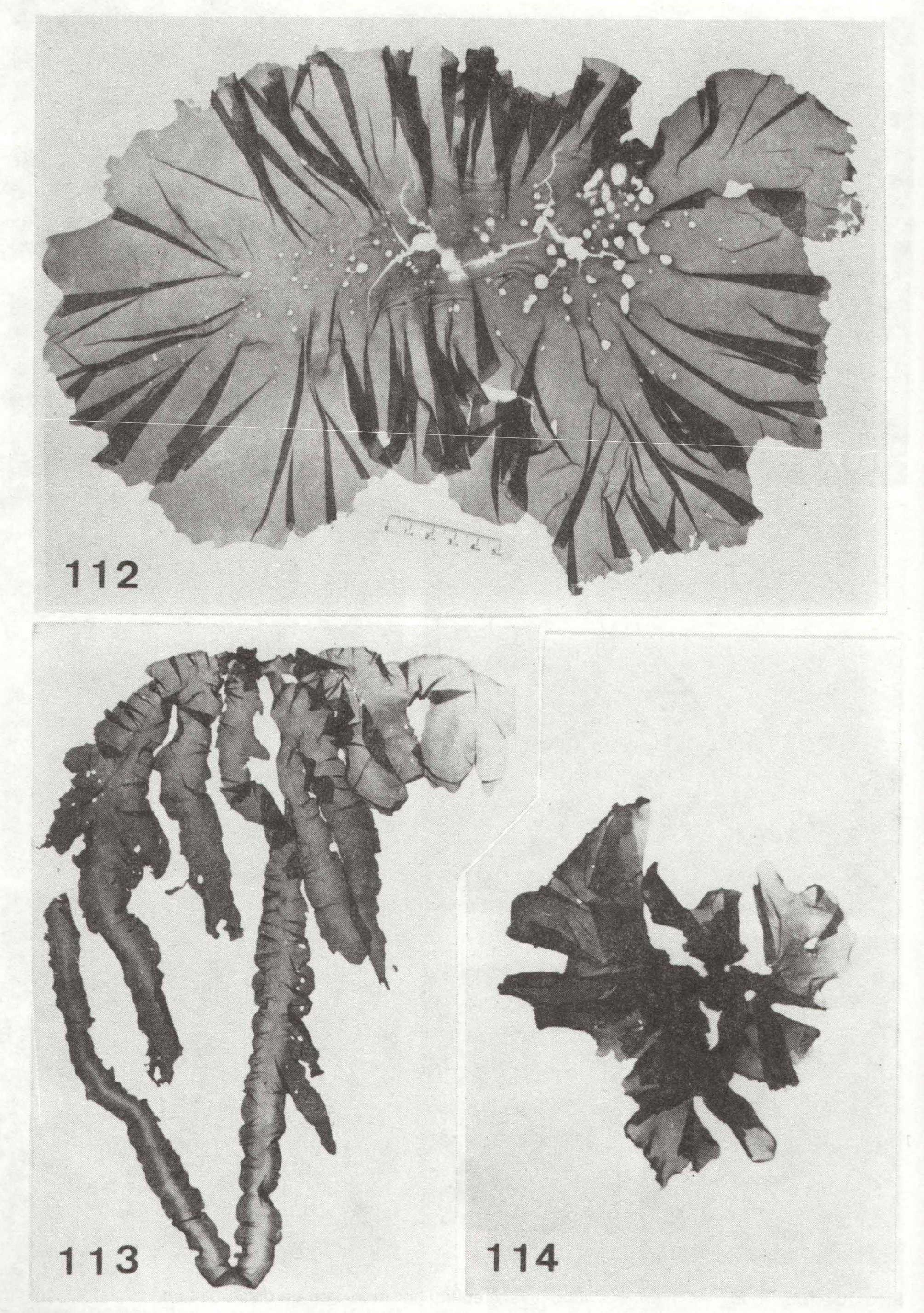


Fig.112 *Ulva papenfussii* (= *U. lactuca* var.*lactissima*) ejemplar laminar biestromático. **Fig.113** *Ulva costata* ejemplar muy ramificado, ramas angostas, de bordes ondulados, con una zona axial definida. **Fig.114** *Ulva rigida* detalle de un ejemplar de talo laminar.

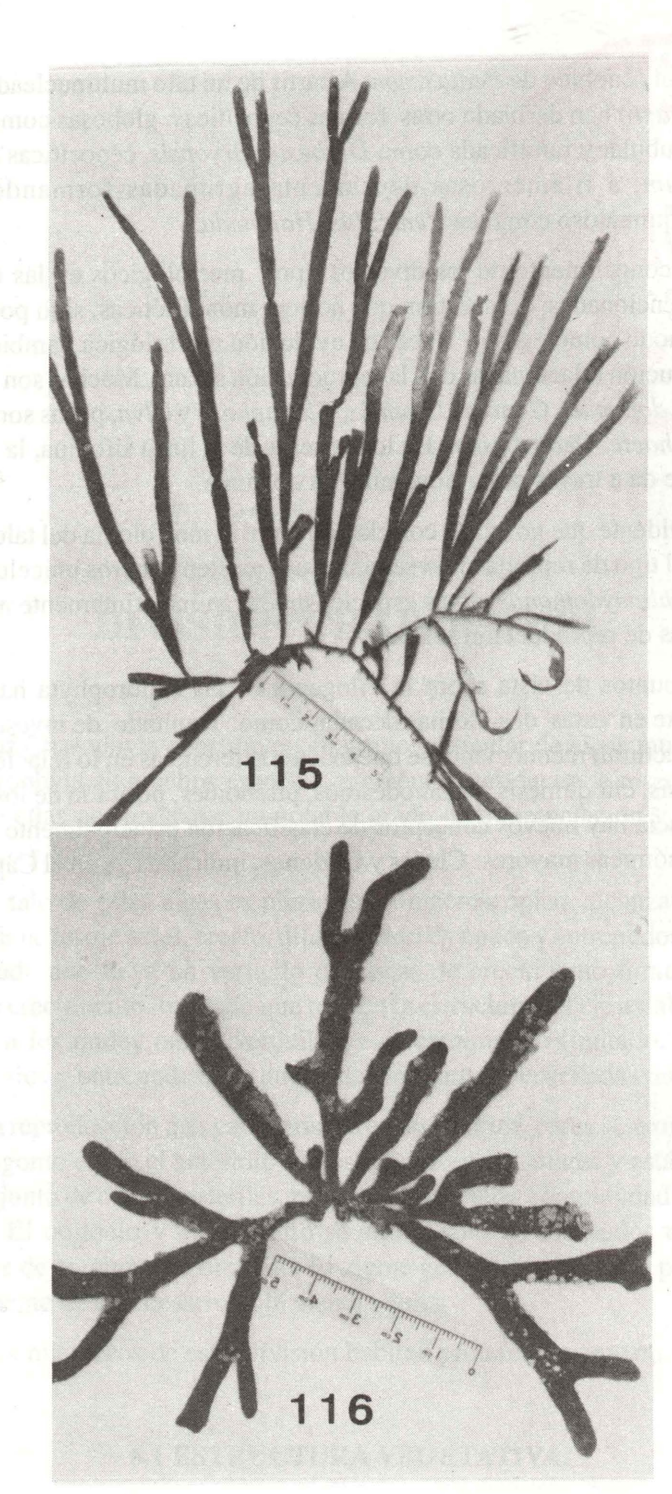


Fig.115 *Caulerpa flagelliformis* var.*ligulata*, detalle de un individuo con estolones cilíndricos y rizoides y ejes erguidos comprimidos, angostos. **Fig.116** *Codium foveolatum* morfología de un ejemplar pequeño.

al talo colonial cenóbico de *Pediastrum*. A partir de un talo multinucleado como el de *Centrosphaera* han derivado otras formas cenocíticas: globosas como *Valonia*, filamentosa tubular y ramificada como *Derbesia, Bryopsis*, cenocíticas agregadas como *Codium*, a filamentosas densamente agrupadas formando un talo pseudoparenquimatoso como en *Penicillus, Halimeda.*

El reconocimiento de los diversos tipos morfológicos en las tres líneas evolutivas mencionadas, demuestran que no son monofiléticas, sino polifiléticas. Del mismo modo como existen líneas de evolución morfológica, también existen series de evolución relacionadas con la reproducción sexual. Muchas son isógamas como *Chlamydomonas, Gonium, Ulothrix, Cladophora y Ulva*, pocas son oógamas como *Coleochaete, Oedogonium.* En los géneros de la línea sifonina, la reproducción sexual se da a través de la isogamia y la oogamia.

Es evidente que no existe correlación entre la morfología del talo según su evolución y el tipo de reproducción sexual, pues existen géneros unicelulares móviles como *Chlamydomonas* cuyas especies muestran indistintamente algunas de las tres formas de reproducción sexual.

Los puntos de vista sobre la Filogenia de las Chlorophyta han variado profundamente en estas dos últimas décadas como resultado de investigaciones a nivel estructural, reconociéndose que existen diferencias en lo relacionado con la carioquinesis, citoquinesis, plasmodesmos, pirenoides, posición de los flagelos. En consecuencia hay nuevos conceptos de clasificación principalmente en las categorías taxonómicas mayores: **Clases** y **Ordenes**, indicados ya en el Capítulo 5.6. Clasificación.

6

DIVISIÓN CHAROPHYTA

Las Charophyta constituyen un grupo particular de algas muy vinculadas a las Chlorophyta en muchos aspectos: pigmentos, producto de reserva, etc; pero difieren de ellas por presentar un notable grado de diferenciación y complejidad morfológica y reproductiva.

El talo de estas algas es pluricelular. macroscópico, alcanza hasta 60cm. de altura, tiene un eje axial, erecto, diferenciado en nudos y entrenudos en sucesión regular. Cada uno lleva un verticilo de ramas de crecimiento limitado y ramas axilares de crecimiento ilimitado que repiten la estructura del eje axial y que llevan a su vez en los nudos ramas verticiladas de crecimiento limitado. Estas tienen también nudos y entrenudos, los nudos llevan ramitas verticiladas unicelulares.

La reproducción más característica en las Charophyta es la sexual oogámica, tanto el oogonio como el anteridio son estructuras unicelulares y están protegidos por un conjunto de células estériles, representando cierta complejidad en su estructura total. El oogonio y el anteridio se sitúan sólo en los nudos de las ramas verticiladas de crecimiento limitado. El zigote germina en una fase protonemal, y posteriormente de ella desarrolla la planta adulta.

Los miembros de esta División habitan preferentemente en agua dulce y salobre.

6.1 ESTRUCTURA VEGETATIVA.

El talo de las Charophyta es pluricelular, macroscópico, alcanza hasta 60cm.

de altura. Esta constituido por dos partes continuas entre si: un **sistema rizoidal** multicelular que se desarrolla inicialmente del **nudo protonemal** y posteriormente prolifera a partir del **nudo basal del eje axial** o cauloide que muestra una diferenciación parecida a la de *Equisetum*, es decir, presenta nudos y entrenudos.

Cada **nudo** lleva un grupo determinado de **ramas verticiladas de crecimiento limitado**. Estas ramas pueden ser simples como en *Nitella* o tienen la complejidad del eje principal como en *Chara*.

El **internudo** está constituido por una sola **célula internodal**, ésta es simple, sifonáceae y puede alcanzar una longitud considerable más allá de los 10cm; la **célula internodal** puede ser **desnuda** o **ecorticada** como en *Nitella* o está recubierta por **células corticales** alargadas dispuestas verticalmente u oblicuamente como en *Chara*. Estas células corticales se denominan también **filamentos corticales**. El crecimiento del eje principal o axial, de las ramas de crecimiento ilimitado y limitado se inicia a partir de una **célula apical** hemiesférica, ésta se divide paralelamente a su base, las células hijas vuelven a dividirse del mismo modo, transformándose alternativamente en células nodales y células internodales.

Los nudos son discos cortos, pluricelulares, constituida por **células nodales centrales** recubiertas por las **células nodales pericentrales**; éstas dan origen a un número determinado de ramas verticiladas de crecimiento limitado.

Las células nodales por divisiones transversales sucesivas dan origen:

- a los ejes o **ramas secundarios de crecimiento ilimitado**, uno en cada nudo en *Chara* y dos en *Nitella y Tolypella*.

-a las **ramas verticiladas de crecimiento limitado**, llamadas también **pleuridios, filidios** o **rayos**, son en número de 6 en *Nitella* y de 7 a 10 en otras Characeae. Esta ramas verticiladas de crecimiento limitado se denomina en *Chara* ramas verticiladas monomórficas, por ser todas iguales. Tienen al igual que el eje principal y las ramas secundarias, nudos y entrenudos y sobre los nudos llevan verticilos de células pequeñas, espiniformes llamadas **brácteas** o **rámulos**.

-a los **estipulodios** o **células espiniformes** ubicados en verticilos sobre la base de las ramas verticiladas monomórficas, dispuestas en una sola hilera, denominándose **haplostéfano** o en dos hileras orientadas hacia arriba y hacia abajo, llamándose **diplostéfano**.

Los internudos del eje axial, de las ramas secundarias decrecimiento ilimitado y de las ramas verticiladas monomórficas, como ya se indicó, tiene una sola célula y están recubiertas de una corteza formada por células alargadas dispuestas longitudinalmente o en forma oblicua; estas células corticales se llaman también **filamentos corticales primarios.**

Las células corticales de un internudo provienen de las células nodales de dos

nudos consecutivos, desarrollan hacia abajo a partir de un nudo y hacia arriba sobre la misma célula internodal a partir del nudo precedente, su alargamiento cesa cuando se ponen en contacto, cubriendo así la célula internodal. Estos filamentos corticales tienen también nudos y entrenudos; los nudos originan espinas de forma variada o **acículas**.

La célula nodal que da origen a los filamentos corticales primarios, pueden originar a su vez 2 tipos de filamentos corticales secundarios. Si tiene 3 filamentos secundarios la corticación se denomina **triplóstica**, si tiene dos filamentos corticales secundarios se dice corticación **diplóstica** y si tiene un solo filamento cortical secundario se denomina corticación **haplóstica**.

En las especies con corticación diplóstica y en relación con la posición de la acícula, existen a su vez dos tipos de corticación: **tilacanta** cuando los filamentos corticales primarios portadores de las acículas, son más gruesas que los filamentos corticales secundarios y **aulacanta** si por el contrario, los filamentos corticales primarios portadores de la acículas son más pequeñas que los filamentos corticales secundarios.

En general, los detalles estructurales de las ramas, su número y grado de complejidad son importantes en la diagnosis genérica y específica.

6.2 ESTRUCTURA CELULAR

Las células de las Charophyta, muestran cierto grado de diferenciación en relación con la zona de la cual forman parte: la célula apical por ejemplo, al igual que las células nodales tienen un citoplasma denso, sin una vacuola conspicua, con un núcleo central y muchos cloroplastos discoidales, carentes de pirenoides; la célula internodal en cambio, presenta una gran vacuola central, el citoplasma está restringido a la cara interna de la pared celular, lleva al único núcleo grande y lobado y a los cloroplastos pequeños, elipsoidales dispuestos en series longitudinales. El citoplasma presenta dos áreas distintas: el **endoplasma** en ciclosis activa y **exoplasma** adyacente a la pared celular. El área interna del citoplasma próxima a la vacuola, está en continuo movimiento en dirección longitudinal.

Hay una corriente longitudinal ascendente y otra descendente, separadas paralelamente una de otra por una zona estacionaria carente de cloroplastos.

Existen diversas hipótesis que tratan de explicar este fenómeno, la más aceptada sostiene que el movimiento está en relación con la presencia de fibras de proteinas en el citoplasma fijadas a la pared celular y que al contraerse y expandirse originan una onda transversal que pasa a lo largo de la fibra, produciendo este hecho una onda en el citoplasma adyacente o endoplasma.

6.3 REPRODUCCIÓN

Ninguna de las Charophyta conocidas producen zoosporas, pero muchas de ellas se reproducen asexualmente en forma vegetativa y sexualmente en forma oogámica.

6.3.1. REPRODUCCIÓN ASEXUAL VEGETATIVA. La propagación vegetativa puede efectuarse por medio de **bulbillos** los que se forman sobre los rizoides; o por estructuras especiales constituidas por agregados de células ricas en sustancias de reserva y formadas a nivel de los nudos inferiores. La formación de estas estructuras especiales se hacen más evidentes como respuesta a la desecación de los ambientes acuáticos donde habitan normalmente. Así en el Lago de Junín, cuando el nivel de las aguas descienden considerablemente grandes extensiones en el área litoral quedan libres, la gran cantidad de *Chara* que en ella proliferan sufren una desecación tornándose la zona de un color blanquecino ceniciento debido al carbonato acumulado externamente por las plantas de *Chara*, entre estos restos persisten las estructuras especiales que darán lugar a la nuevas plantas al estar nuevamente sumergidas.

6.3.2. REPRODUCCIÓN SEXUAL. Todos los géneros de las Charophyta se reproducen sexualmente en forma oogámica. En casi todos las estructuras sexuales se localizan en las ramas de crecimiento limitado. La mayoría es **homotálica**, pocas relativamente son **heterotálicas**. Las especies homotálicas llevan las dos clases de estructuras reproductivas adyacentes una a otra: el **globo anteridial** arriba de la **núcula** como en *Nitella*, o **abajo** como en *Chara*, o varias núculas rodeando a un solo globo anteridial como en *Tolypella*.

Los elementos sexuales masculino y femenino se denominan **anteridio** y **oogonio** respectivamente, denominaciones que resultan inapropiadas debido a lo complejo de estas estructuras, de ahí que siguiendo la terminología antigua, preferimos denominarlos: **glóbulo o globo anteridial** al masculino y **núcula** al femenino.

En el género *Chara*, el globo anteridial, cuando alcanza la madurez, está constituido externamente por cuatro u ocho células triangulares: **los escudetes**, de forma triangular, cóncavo convexas, con los bordes irregularmente dentados y de coloración rojizo anaranjado intenso en su parte media. En la cara interna de cada escudete hay una gran célula cónica truncada: **el manubrio** con el protoplasto también coloreado de anaranjado, en conjunto existen cuatro u ocho células del manubrio por cada globo anteridial. En el extremo distal del manubrio se localizan un grupo de células pequeñas dispuestas en una o dos hileras: las **células del capítulo**; de la hilera externa se desarrolla un número variable de **filamentos anteridiales**, uniseriados no ramificados. Cada célula del filamento anteridial es un **anteridio** y todo su protoplasto se transforma en un solo **anterozoide**, piriforme helicoidal y provisto de dos flagelos anteridios. Se sabe que la liberación

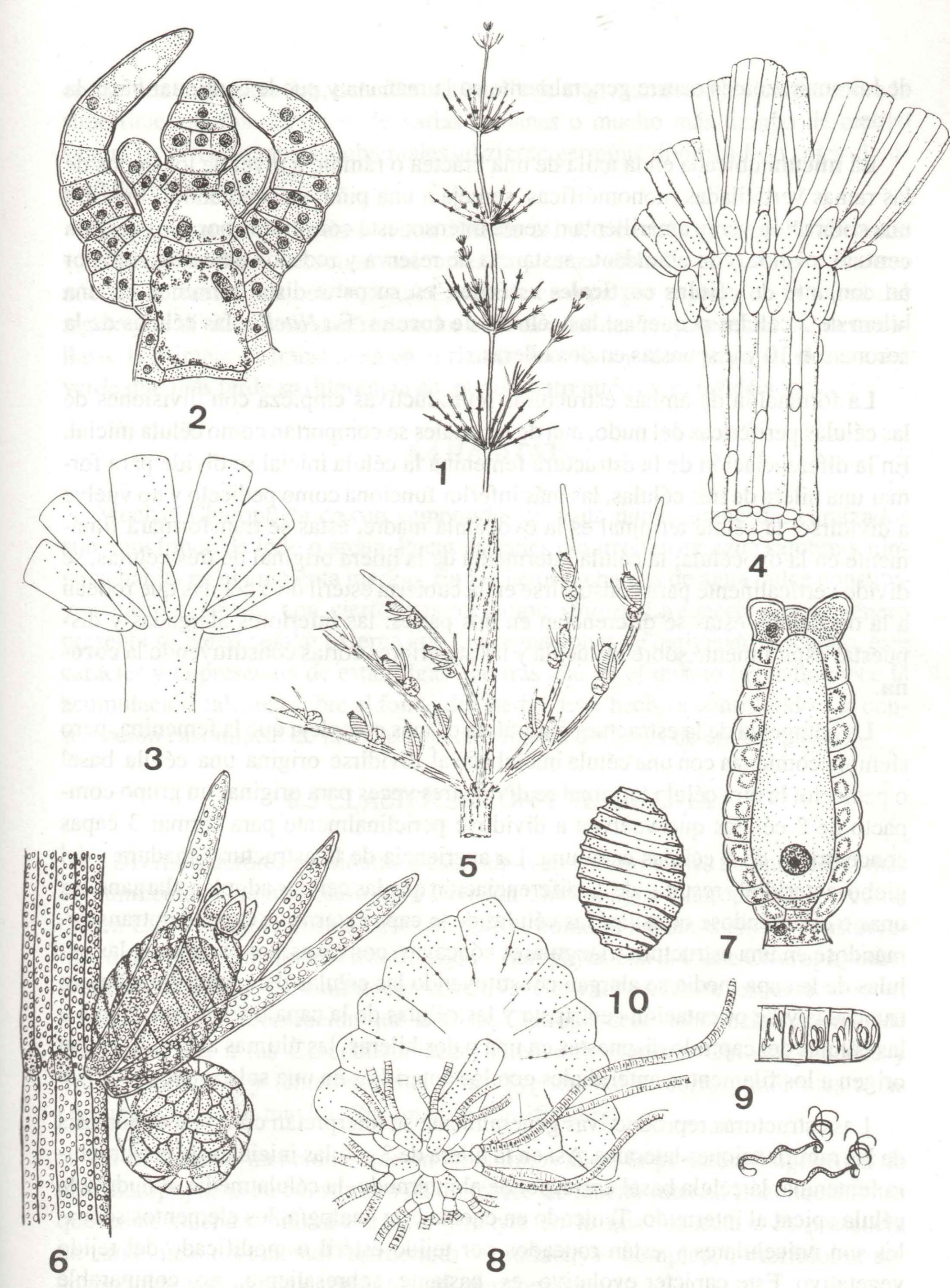


Fig.1 *Chara vulgaris* organización del eje erguido: eje principal, nudos y entrenudos, ramas verticiladas y ramas laterales. **Fig.2** *Chara* sp. sección vertical del ápice del eje principal: célula apical, células nodales e internodales. **Fig.3** *Chara braunii* verticilo de estipulodios haplostéfanos, ejes ecorticados. **Fig.4** *Chara vulgaris* verticilo de estipulodios diplostéfanos, ejes corticados. **Fig.5** *Chara vulgaris* estructuras de reproducción sexual: globos anteridiales y núculas. **Fig.6** *Chara vulgaris* con la núcula en la áxila de las bracteas y el globo anteridial adyacente y debajo de la núcula. **Fig.7** *Chara* sp. Sección longitudinal de la núcula. **Fig.8** *Chara* sp. escudete vista por su cara interna, con la célula del manubrio con dos hileras de células del capítulo y los filamentos anteridiales. **Fig.9** *Chara* sp. extremo distal de un filamento anteridial, anteridios con anterozoides y anterozoides libres. **Fig.10** *Chara* sp. morfología de un zigote.

de los anterozoides ocurre generalmente en la mañana y puede continuar hasta la tarde.

La **núcula** ubicada en la axila de una bráctea o rámulo a nivel de los nudos de las ramas verticiladas monomórficas, semeja a una piña en miniatura, muestra una coloración verde amarillenta o verde intenso; está constituida por la **ovocélula central**, ovoide, con abundante sustancia de reserva y rodeada externamente por un conjunto de **células corticales estériles**, en su parte distal terminan en una hilera de 5 células pequeñas: **las células de corona**. En *Nitella*, las células de la corona son 10 y dispuestas en dos hileras.

La formación de ambas estructuras reproductivas empieza con divisiones de las células periféricas del nudo, una de las cuales se comportan como célula inicial. En la diferenciación de la estructura femenina la célula inicial se divide para formar una hilera de tres células, las más inferior funciona como pedicelo y no vuelve a dividirse; la célula terminal es la ovocélula madre, éstas se transformará finalmente en la ovocélula; la célula intermedia de la hilera original de tres células, se divide verticalmente para constituirse en la cubierta estéril de 5 células que rodean a la ovocélula, éstas se diferencian en dos partes: las inferiores alargadas y dispuestas espiralmente sobre la núcula y las superiores cortas constituyendo la **corona**.

La ontogenia de la estructura masculina es más compleja que la femenina, pero siempre comienza con una célula inicial que al dividirse origina una célula basal o pedicelo; la otra célula terminal se divide tres veces para originar un grupo compacto de 8 células que vuelven a dividirse periclinalmente para formar 3 capas concéntricas de 8 células cada una. La apariencia de la estructura madura del globo anteridial, resulta de la diferenciación que las células adoptan alargándose unas o dividiéndose otras; así las células de la capa externa se expanden transformándose en una estructura triangulares cóncavas, convexas: los escudetes; las células de la capa media se alargan constituyendo las células del manubrio, cónicas truncadas y de orientación centrípeta y las células de la capa interna dan origen a las células del capítulo dispuestas en una o dos hileras, las últimas al dividirse dan origen a los filamentos anteridiales con los anteridios en una sola serie.

Las estructuras reproductivas generalmente se interpretan como metamorfosis de las ramificaciones laterales. Así en la hilera de 3 células iniciales de la estructura femenina, la célula basal corresponde al internudo, la célula media al nudo y la célula apical al internudo. Teniendo en cuenta esta analogía, los elementos sexuales son unicelulares y están rodeados por tejido estéril o modificado del tejido vegetativo. Este carácter evolutivo es bastante sobresaliente, no comparable entre los otros grupos de las algas, mas bien análogo con el de las arquegoniadas.

Germinación del Zigote. Cuando la ovocélula es fecundada, su pared celular se engrosa, adoptando un color marrón oscuro o negro y las células estériles que la

envuelven se desprenden, dejando una huella de engrosamiento helicoidal sobre la superficie externa. Después de varias semanas o mucho más tiempo de reposo según las circunstancias ambientales, el zigote germina, dividiéndose antes el núcleo en 4 núcleos.

La germinación se inicia con una división asimétrica del zigote cuadrinucleado en una célula distal lenticular uninucleada y otra célula basal que lleva los tres núcleos restantes. La célula distal lenticular emerge por ruptura de la pared del zigote y se divide verticalmente en dos células iniciales protonemales. Al desarrollarse la primera se transforma en el rizoide incoloro y la segunda en el eje axial verde que más tarde se diferencia en nudos, entrenudos y ramificaciones.

6.4 HÁBITAT

Muchas Charophyta crecen sumergidas en agua dulce estancada, enraizados sobre un fondo de lodo o arena. Pocas especies desarrollan en agua salobre y ninguna habita en el ambiente marino. En los lagos o charcas de agua dulce constituyen masas extensas, con cierto espesor como *Chara.* La especie de este género presenta su pared celular externa con impregnaciones de carbonato de calcio, este carácter y la presencia de estas algas año tras año en el mismo lugar favorece la acumulación calcárea sobre el fondo del medio. Este hecho a contribuido a la conservación casi intacta de muchas especies fósiles descritas de épocas pasadas.

6.5 CLASIFICACIÓN Y FILOGENIA

Diversos autores consideran a estas algas en varios niveles taxonómicos; más comúnmente como una Clase de la División Chlorophyta: Charophyceae, o como Orden Charales de la misma División. Otros, como lo hacemos ahora, consideramos a esta plantas incluidas en la División Charophyta, con la **Clase Charophyceae, Orden Charales** y la **Familia** representativa: **Characeae**. A este respecto, Stewart y Mattox (1975), consideran que la Clase Charophyceae debe incluir además de las Characeae a las Coleochaetaceae, Klebsormidiaceae, Chlorokybaceae y Trentepohliaceae y tentativamente a las Zygnematales, correspondientes a las Chlorophyta según muchos Sistemas de Clasificación.

Es importante mencionar que en los últimos años, la posición filogenética de las Charophyta se ha constituido en un tópico de mucho interés. Reconociéndose que existe mucha similitud con las Bryophyta en lo que respecta a la presencia de una fase protonemal, estructuras reproductivas complejas, morfología del anterozoide y modo de desarrollo casi meristemático.

De igual modo, la presencia de glicolato oxidasa y varios aspectos de la división mitótica celular, indica que las Charophyta ocupa una posición próxima a la línea evolutiva que conduce a la Bryophyta y plantas terrestres Stebbins y Hill (1980). Este

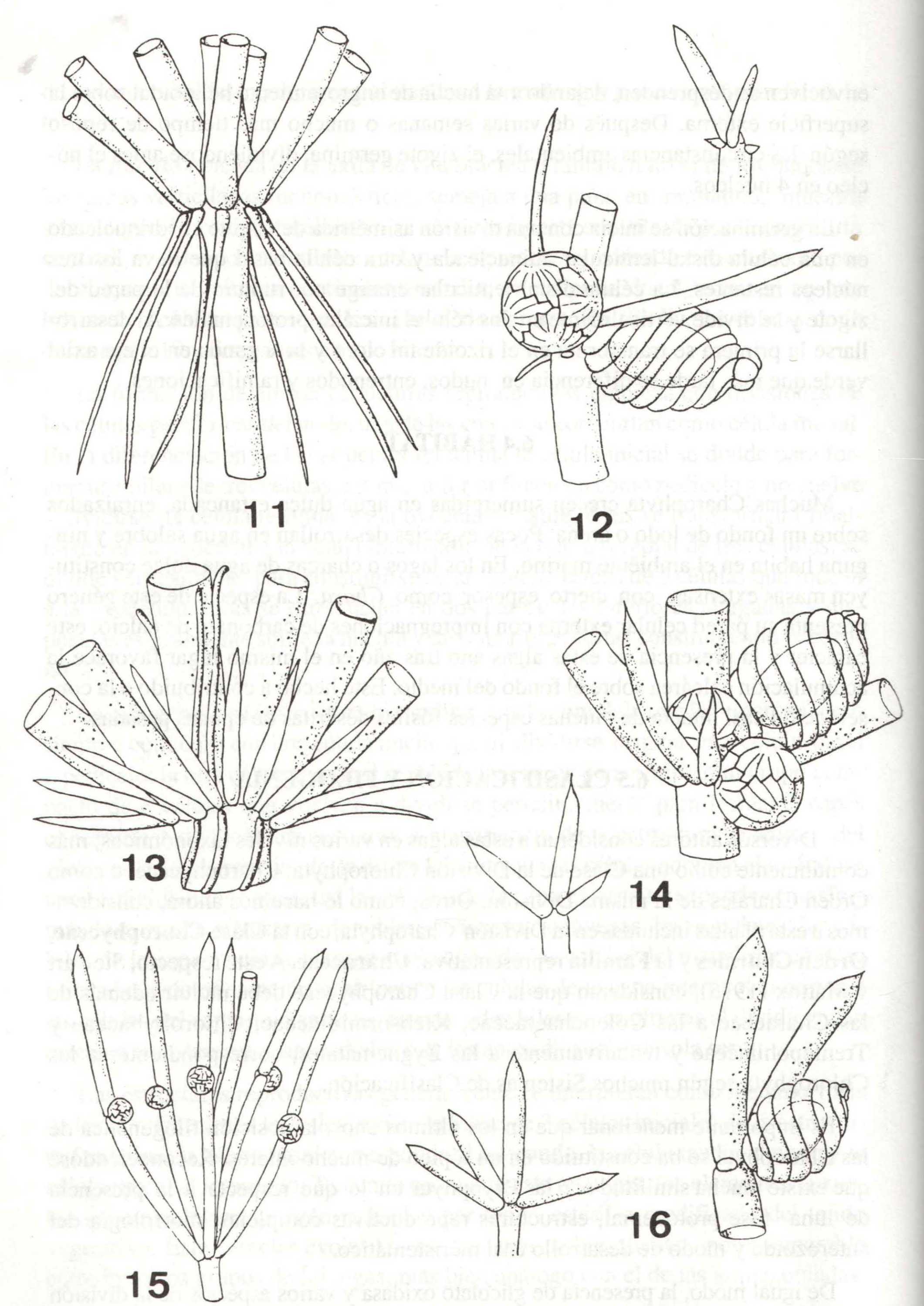


Fig.11 *Lamprothamnium papulosum* eje con estipulodios haplostéfanos. **Fig.12** *Lamprothamnium papulosum* rama fértil y extremo distal de una rama vegetativa. **Fig.13** *Lychnothamnus barbatus* eje con estipulodios simples y filamentosos corticales. **Fig.14** *Lychnothamnus barbatus* rama fértil y extremo distal de una rama vegetativa. **Fig.15** *Nitellopsis obtusa* detalle de una rama masculina. **Fig.16** *Nitellopsis obtusa* rama femenina y extremo distal de una rama vegetativa (según Bourrelly, 1972).

grupo de plantas es ciertamente antiguo; los registros fósiles disponibles van más allá del Devoniano temprano.

Familia Characeae. Esta familia incluye a las especies actuales y a las especies fósiles que vivieron en épocas pasadas.

Las diferencias génericas y específicas dentro de la familia están basadas en las estructuras vegetativas y reproductiva tal como puede observarse en la siguiente clave:

CLAVE PARA DIFERENCIAR LOS GÉNEROS

1. Corona de la núcula con 5 células. Talo corticado o no corticado 2
    2. Talo corticado, con estipulodios en uno o dos verticilados; con la núcula arriba del globo anteridial .... *Chara*
    2'. Talo no corticado, con o sin estipulodios 3
3. Con estipulodios en un verticilo 4
    4. Núcula debajo del globo anteridial .... *Lamprothamnion*
    4'. Núcula al centro de dos globos anteridiales laterales .... *Lychnothamnus*
3'. Sin estipulodios .... *Nitellospsis*
1'. Corona de la núcula con 10 células. Talo no corticado 5
5. Ramas todas idénticas; con una o dos núculas debajo del globo anteridial...... *Nitella*
5'. Ramas no idénticas; con varias núculas debajo o en posición lateral a un globo anteridial .... *Tolypella*

Chara. Este es el género representativo de las Charophyta e incluye a más de 300 especies y taxones infraespecíficos. Tiene el talo diferenciado en un rizoide filamentoso, ramificado, multicelulares y un eje axial erguido diferenciado en nudos y entrenudos y con ramas verticiladas monomórficas a nivel de los nudos y en número de 6 a 16. Cada rama tiene a su vez nudos y entrenudos; a nivel de los nudos llevan las brácteas o rámulos unicelulares. En general el talo es corticado.

Las especies de *Chara* son generalmente monoicas, tienen la núcula localizada en la axila de la bráctea y debajo de ella se ubica el globo anteridial. La núcula tiene una corona con 5 células dispuestas en una sola serie.

Lamprothamnion. Este es un género raro con sólo 3 especies conocidas. Tiene el aspecto de *Chara* desprovista de corteza. Las especies son monoicas, con la núcula debajo del globo anteridial; con estipuloides muy desarrollados y dispuestos en un solo verticilo. Viven en aguas someras próximas a la costa.

Lychnothamnus. Género monoespecífico, registrado en la parte central de Europa; con filamentos corticales muy rudimentarios y restringido a los nudos. Monoicas, con una núcula entre dos globos anteridiales laterales.

Nitellopsis. Talo carente de corteza, semeja una *Nitella* muy grande; sin estipulodios. Dioica. La núcula tiene una corona de 5 células.

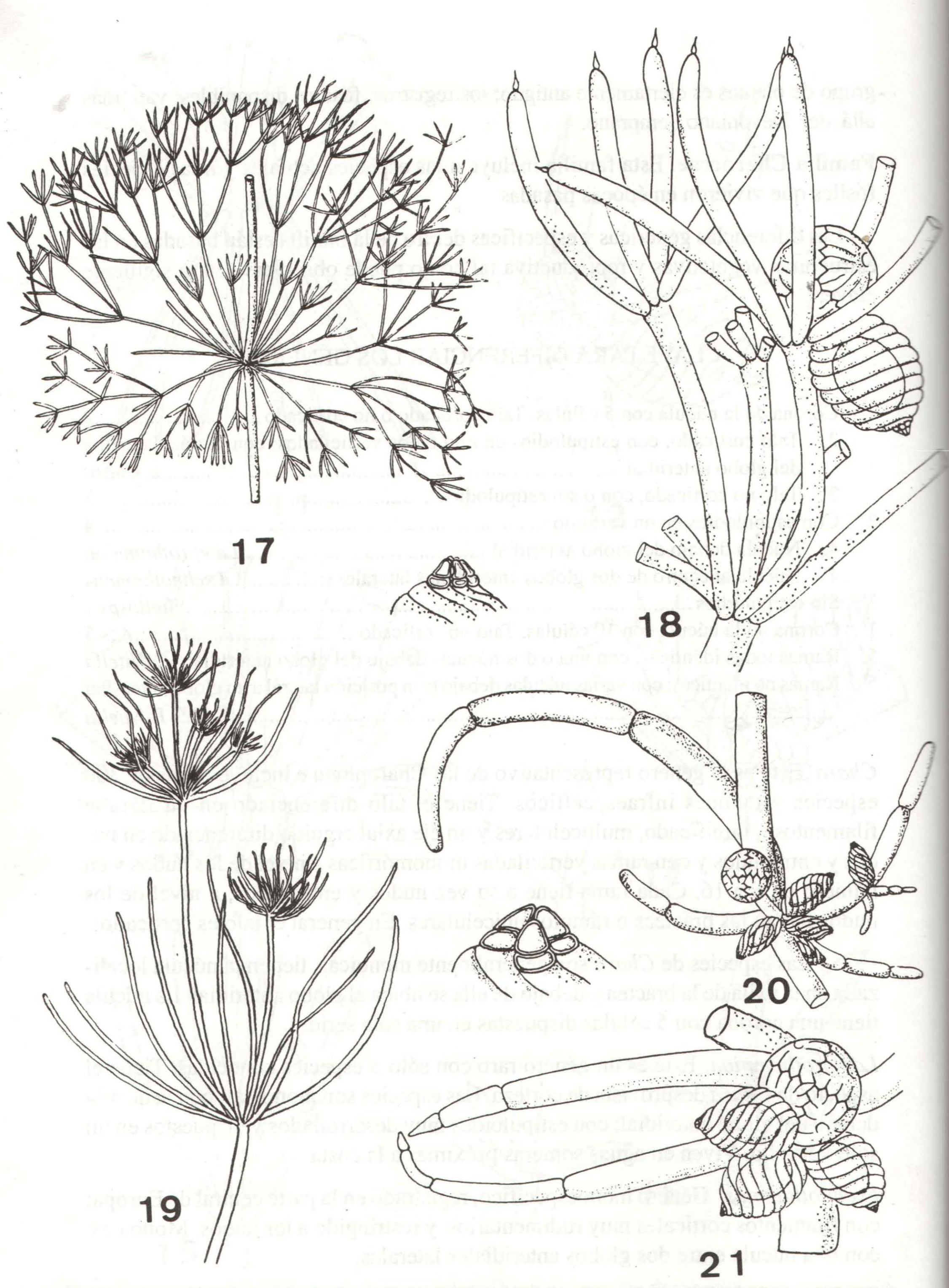
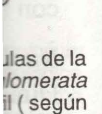


Fig.17 *Nitella hyalina* detalle de un verticilo. **Fig.18** *Nitella hyalina* detalle de un verticilo fértil y células de la corona. **Fig.19** *Tolypella prolifera* detalle de un eje principal, ramas y verticilios. **Fig.20** *Tolypella glomerata* detalle de una rama fértil y células de la corona. **Fig.21** *Tolypella intricata* detalle de una rama fértil (según Bourrelly, 1972).

Nitella. Talo carente de corteza y estipulodios; con las ramas verticiladas dispuestas a nivel del nudo, todas idénticas, generalmente en número de 6, simples o ramificaciones: bifurcadas o formando verticilos, con el segmento terminal uni o bicelular. Monoicas. La núcula tiene una corona de 10 células dispuestas en dos series; con una o dos núculas debajo de un globo anteridial. Después de *Chara*, este género tiene más de 200 taxones entre específicos e infraespecíficos.

Tolypella. Plantas desprovistas de corteza y estipulodios; las ramas verticiladas son simples o bifurcadas, de distintas longitudes. Monoicas o dioicas; la núcula tiene una corona de 10 células como en *Nitella*; con varias núculas debajo o lateralmente de un solo globo anteridial provisto de un pedicelo largo. Después de *Chara*, este género tiene más de 200 taxones entre específicos e infraespecíficos.



7

DIVISIÓN EUGLENOPHYTA

Esta División comprende a un grupo bien delimitado de organismos unicelulares flagelados, palmeloides y coloniales sésiles. Carecen de una pared celular celulósica, pero poseen un **periplasto** o **película** semirígida, de organización compleja. Por este hecho, se dice que las Euglenophyta son organismos desnudos, excepto *Trachelomonas* que posee una lórica.

Las Euglenophyta son móviles gracias a dos flagelos anteriores, uno corto no emergente que no va más allá del **reservorio** y el otro largo emergente a través del reservorio y **canal** de la **invaginación anterior**. Próximo a la base de los flagelos se localizan una o más **vacuolas contráctiles**. La mayoría de euglenoides son formas no pigmentadas y tienen nutrición holozoica, saprofítica o fotoauxotrófica. Las especies pigmentadas tienen numerosos cloroplastos discoidales o de formas variadas, contienen las clorofilas **a** y **b** como las Chlorophyta y Charophyta. El producto de reserva es el paramilon, un carbohidrato similar a la laminarina, de forma y número variados, se localizan libremente en el citoplasma. Las formas pigmentadas llevan una mancha ocular o **estigma** prominente en el citoplasma anterior y es diferente al estigma de las clorofíceas.

La reproducción ocurre asexualmente por simple división longitudinal, previa mitosis, en condiciones desfavorables forman quistes no móviles.

Las Euglenophyta viven indistintamente en las aguas dulces, salobre o marina; toleran un pH muy bajo y son más abundantes en los cuerpos de agua con gran contenido de materia orgánica en descomposición.

7.1 ORGANIZACIÓN CELULAR

La estructuras más sobresalientes de las Euglenophyta se detallan a continuación:

7.1.1 PELÍCULA. Los euglenoides se consideran como organismos desnudos sin pared celular, delimitada externamente por el plasmalema y debajo de ésta por la **película**, compuesta por 80% de proteínas y 20% de lípidos y carbohidratos, su naturaleza es y ha sido tópico de interés de los citólogos durante muchos años, en relación al denominado **«movimiento euglenoide» o metabólico**.

Actualmente y gracias al auxilio del microscopio electrónico, sabemos que la película consiste de cintas o bandas planas que se articulan adecuadamente por los bordes y están dispuestas helicoidalmente en toda la longitud de la célula, empiezan como un verticilo en el extremo caudal y termina en el canal de la investigación anterior, el grosor,forma y probablemente los detalles de articulación de las cintas de la película varían; paralelamente a las cintas hay en el citoplasma una hilera de cuerpos mucíferos vinculado con las articulaciones. Según su posición y la dirección de sus canales posiblemente proporcionen mucílago a las articulaciones a modo de lubricante en los individuos de película elástica y flexible como *Euglena*, que muestra movimiento euglenoideo de alargamiento y contracción lentos que se observa en el estado estacionario y que recobran la forma típica cuando están en movimiento; o del mismo modo, el mucílago puede contribuir a la rigidez de la película, como en *Phacus*, que conserva su forma cordiforme característica , ya en estado móvil o estacionario.

La película en muchos euglenoides está ornamentada, generalmente con formaciones verrucosas dispuestas en hilera paralelas a la longitud de las cintas.

Algunos géneros como *Trachelomonas* muestran una cubierta externa llamada **lórica**, constituida por deposición de sustancias férricas sobre filamentos mucilaginosos, por está razón tiene el color marrón amarillento o rojizo. La lórica puede ser ovoide o esférica, con una simple apertura anterior al mismo nivel de la superficie externa o tiene un engrosamiento a modo de un collar a través de la cual emerge el flagelo largo; la superficie de la lórica es lisa u ornamentada con protuberancias y espinas características.

7.1.2 INVAGTIGACIÓN ANTERIOR. Esta invaginación consiste de un **canal** angosto y un **reservorio** esférico o piriforme, el cual se abre en la mayoría de las especies de *Euglena* y *Phacus* en forma sub-apical, llamándose a éste lado ventral, en otros géneros como *Leoponcilis*, el canal se abre apicalmente. El canal puede ser recto o curvo en forma de S, es rígido y se mantiene abierto por estar tapizado por la película; el reservorio cambia de forma porque tiene sólo el plasmalema; el canal y el reservorio no intervienen en la ingestión de alimen-

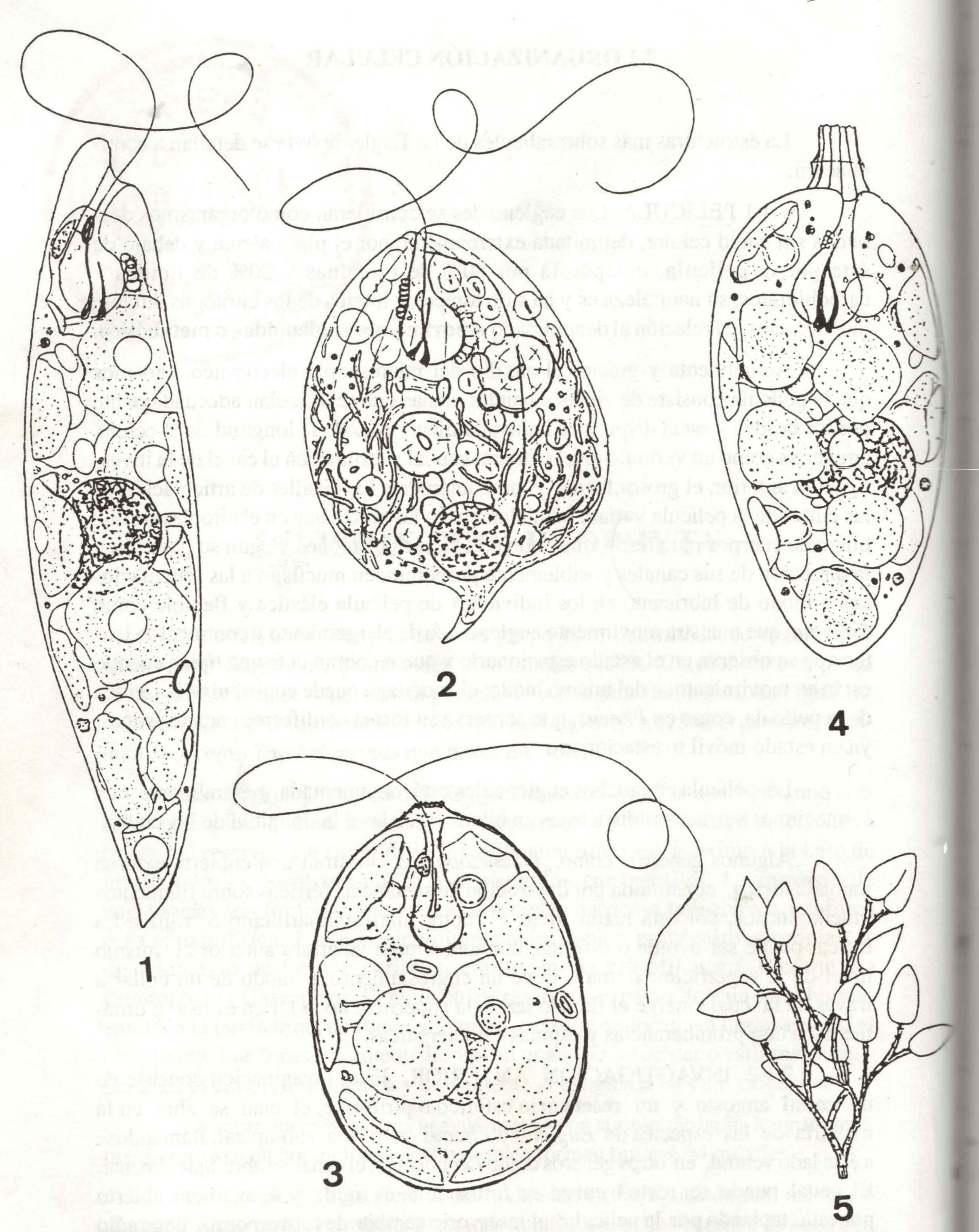


Fig.1 *Euglena gracilis* aspecto general en vista lateral. **Fig.2** *Hyalophacus ocellatus* vista lateral. **Fig.3** *Trachelomonas grandis* vista lateral. **Fig.4** *Colacium mucronatum* detalle de un individuo. **Fig.5** *Colacium mucronatum* porción de una colonia dendroidea (según Leedale, 1967).

tos; adyac
descargar
ma zona d

N
Dineura,
citostoma
anterior.

7.
cias a dos
canal de la

L
lateral o p
los otros g
tral (9 +
plasmalem
finos y la
esticonem

E
paraflage
otras es la
miento fla
ondulante
mantiene
y *Hegneri*
tras que lo

7.
gotas de l
equinona
convexa.
reservorio
representa
decir, con
lumínica

L
reacciona
con manc
a las form

L
absorción

tos; adyacente y posteriormente al reservorio se ubica una vacuola contráctil al descargar su contenido forma una nueva por fusión de otras pequeñas, en la misma zona de la anterior.

Numerosos euglenoides no pigmentados como *Peranema*, *Heteronema* y *Dineura*, poseen la habilidad para ingerir partículas de alimentos a través de un citostoma o aparato de ingestión, próximo e independiente a la investigación anterior.

7.1.3 FLAGELOS Y MOVIMIENTO. Los Euglenoides son móviles gracias a dos flagelos: uno corto, no emergente y otro largo, emergente a través del canal de la invaginación anterior.

Los flagelos se originan de los cuerpos basales por debajo de la pared lateral o posterior del reservorio, estructuralmente sonsimilares a los flagelos de los otros grupos, es decir, tiene 9 pares de microtúbulos periféricos y un par central (9 + 2), incluidos en un estuche membranoso que es la continuación del plasmalema celular. El flagelo emergente lleva externamente una hilera de pelos, finos y largos; por este carácter este flagelo, corresponde al tipo de flagelo **esticonemático**.

El flagelo emergente esta engrosado a nivel del canal por el **hinchamiento paraflagelar**. La longitud del flagelo es variable, en algunas especies es corto, en otras es largo, varias veces la longitud del individuo del mismo modo, el movimiento flagelar es distinto, en unos como *Euglena* el flagelo se mueve en forma ondulante de la base al ápice; en otros, como en *Astasia* y *Peranema* el flagelo se mantiene recto y sólo vibra en su extremo distal. En otros como en *Euglenomorpha* y *Hegneria* los flagelos emergentes móviles son tres y ocho respectivamente, mientras que los géneros *Rhynchopus* y *Rhizapsis*, no tienen flagelos.

7.1.4 ESTIGMA O MANCHA ROJA. Esta estructura consiste en 20 a 50 gotas de lípidos de color rojo anaranjado, debido a la presencia de la astaxantina, equinona y otros pigmentos carotenoides, incluidos en una masa hialina cóncavo convexa. Se localiza en el extremo anterior de la célula, en el lado dorsal del reservorio e independiente de los cloroplastos. Se considera que esta estructura representa un receptor primario de la luz que induce respuestas fototácticas, es decir, contribuye al desplazamiento de los individuos a la zona de intensidad lumínica óptima.

Los euglenoides no pigmentados, sin mancha ocular no son fototácticos, reaccionan a la luz brillante con movimientos de irritabilidad; en los no pigmentados con mancha roja, la fototaxia se debe presumiblemente a una vinculación ancestral a las formas pigmentadas.

La mancha roja actúa como receptor primario o es sólo una pantalla de absorción, que oscurece intermitentemente el hinchamiento paraflagelar ubicado

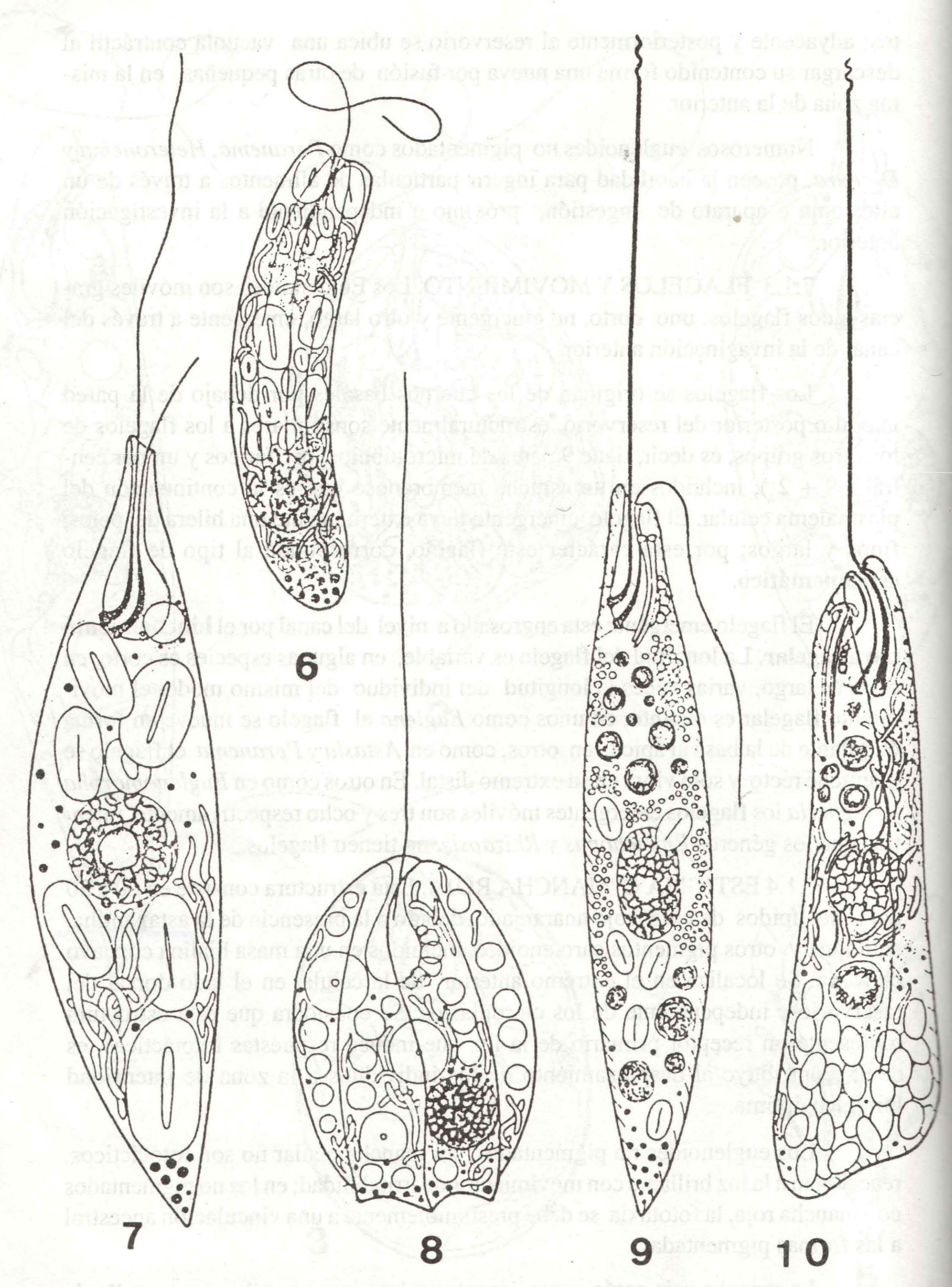


Fig.6 *Rhabdomonas costata* vista lateral. **Fig.7** *Sphenomonas laevis* aspecto lateral. **Fig.8** *Petalomonas tricarinata* vista lateral. **Fig.9** *Peranema trichophorum* vista lateral. **Fig.10** *Heteronema acus* vista lateral (según Leedale, 1967)

al mismo nivel en el flagelo emergente considerándose esta última estructura como verdadero fotorreceptor que controla la actividad del flagelo locomotor para dar lugar a la respuesta fototáctica observada.

7.1.5 CLOROPLASTOS Y PIRENOIDES. Las Euglenophyta presenta una gran variedad de cloroplastos, en forma tamaño y disposición, siendo esta característica de valor taxonómico a nivel genérico.

Los cloroplastos pueden ser discoidales, numerosos pequeños, sin pirenoide; discoidales elongados o en forma de escudo con un pirenoide central. Tienen como pigmentos las clorofilas, **a, b, ß** caroteno, anteroxantina y neoxantina.

Durante la división celular los cloroplastos pequeños se dividen independientemente, mientras que los grandes lo hacen simultáneamente a la división celular, el número se mantiene constante.

El producto de reserva típico de los euglenoides lo constituye en **paramilon**, que aparentemente no se encuentra en otros grupos de las algas, soluble en ácido fórmico anhidro y otros, es insoluble en agua caliente, no se tiñe con el iodo. Se forma siempre en el citoplasma de la célula, nunca dentro del cloroplasto; en los géneros que tienen cloroplastos con pirenoides el paramilon se forma independientemente del pirenoide, o como un estuche alrededor del pirenoide en otros géneros.

Estructuralmente el paramilon consiste de lamelas concéntricas, o tiene una organización helicoidal; tiene variadas formas: bacilares o circulares, pocos o numerosos, su forma y posición tienen valor taxonómico.

7.1.6 NÚCLEO. En los euglenoides el núcleo es único y prominente, ovoide o elongado, frecuentemente localizado en la región central o hacia la mitad posterior de la célula, contiene uno o más nucléolos; los cromosomas semejan a filamentos simples o dobles.

Otras estructuras propias de la célula de la Euglenophyta son el aparato de golgi, mitocondrias y las vesícula de fosfolípidos.

7.2 REPRODUCCIÓN

Los miembros de las Euglenophyta se reproducen sólo asexualmente por simple división longitudinal previa mitosis. La división longitudinal ocurre cuando los individuos están en movimiento o en la condición palmeloide como en *Euglena* y *Colacium* respectivamente. las formas quísticas se originan por diversas causas desfavorables a la condición móvil, los quistes pueden ser transitorios o de reposo.

Ciertas especies de *Euglena* forman ocasionalmente estadios palmeloides temporales; durante esta fase no hay división celular.

7.3 HÁBITAT

Los representantes de esta División, viven en variados hábitat, son abundantes en reservorios, estanques, charcas de agua dulce ricas en materia orgánica; constituyen floraciones acuáticas en aquellos ambientes donde drenan aguas servidas. Algunas especies son exclusivamente marinas otras como *Euglena* habitan en el fango ribereño de los deltas o ríos, su presencia está en concordancia con la periodicidad de las mareas y la intensidad luminosa. Habitan también en la nieve como *Euglena sanguinea* cuyos individuos muestran un color rojo característicos.

Las especies sésiles como *Colacium* son epífitos en algas filamentosas o epizoicas en crustáceos acuáticos pequeños.

Las especies saprofíticas raramente se encuentran en grandes cantidades, pero si son abundantes en substratos en putrefacción.

Las especies endozoicas habitan en copépodos, rotíferos y nemátodes. En concordancia con este tipo de vida endozoica estas especies carecen de cloroplastos y estigma y tienen más de dos flagelos.

7.4 IMPORTANCIA ECONÓMICA

Dadas las características particulares de los integrantes de esta División, éstos han servido como organismos experimentales para el conocimiento acerca de diversas estructuras de la célula, aspectos bioquímicos y fisiológicos como los referidos a *Euglena,* Bueton (1978, 1982).

Desde el punto de vista práctico, los Euglenophyta son importantes como integrantes del fitoplancton de las aguas dulces. También son indicadores de la calidad del agua en las diversas unidades de tratamiento de aguas servidas.

7.5 CLASIFICACIÓN Y FILOGENIA

Según Leedale (1967), Chapman y Chapman (1977) esta División comprende a la Clase Euglenophyceae que a su vez incluye a seis Ordenes: Sphenomonadales, Heteronematales, Euglenomorphales, Rhabdomonadales, Eutreptiales y Euglenales.

CLAVE PARA DETERMINAR LOS ORDENES

1. Organismos sin cloroplastos (no pigmentados),ni estigma.. 2
2. Con un sólo flagelo emergente y periplasto rígido. 3
3. Flagelo emergente móvil en toda su extensión. Habita en agua dulce .... **RHABDOMONADALES**

11

12

Fig.11 *Hegneria leptodactyli* aspecto lateral. **Fig.12** *Euglenomorpha hegneri* aspecto general (según Leedale, 1967).

3'. Flagelo dirigido siempre adelante. Habita en aguas dulce y marina .... SPHENOMONADALES

2'. Con dos flagelos emergentes desiguales, periplasto flexible. Habita en aguas dulce y salobre .... HETERONEMATALES

1'. Organismos con cloroplastos (pigmentados), con estigma 4

4. Con tres o más flagelos emergentes iguales Endozoicos .... EUGLENOMORPHALES

4'. Con uno o dos flagelo emergente 5

5 Con un flagelo emergente, habita aguas dulce, salobre y marina ..... EUGLENALES

5'. Con dos flagelos emergentes, de igual grosor y casi de igual longitud. Habita en agua marina .... EUTREPTIALES

ORDEN RHABDOMONALES

Comprende formas solitarias, móviles con un solo flagelo emergente; con periplastos rígidos; sin cloroplastos, con estigma y paramilon ovales o esféricos abundantes. Habitan en agua dulce y son osmotróficos. La familia representativa es Rhabdomonadaceae con el género *Rhabdomonas*.

ORDEN SPHENOMONADALES

Comprende a formas solitarias, móviles con un solo flagelo emergente dirigido siempre adelante; con periplasto rígido o semirígido; sin cloroplastos, ni estigma; con pirenoides ovoides o esféricos abundantes. Viven en agua dulce y marina.

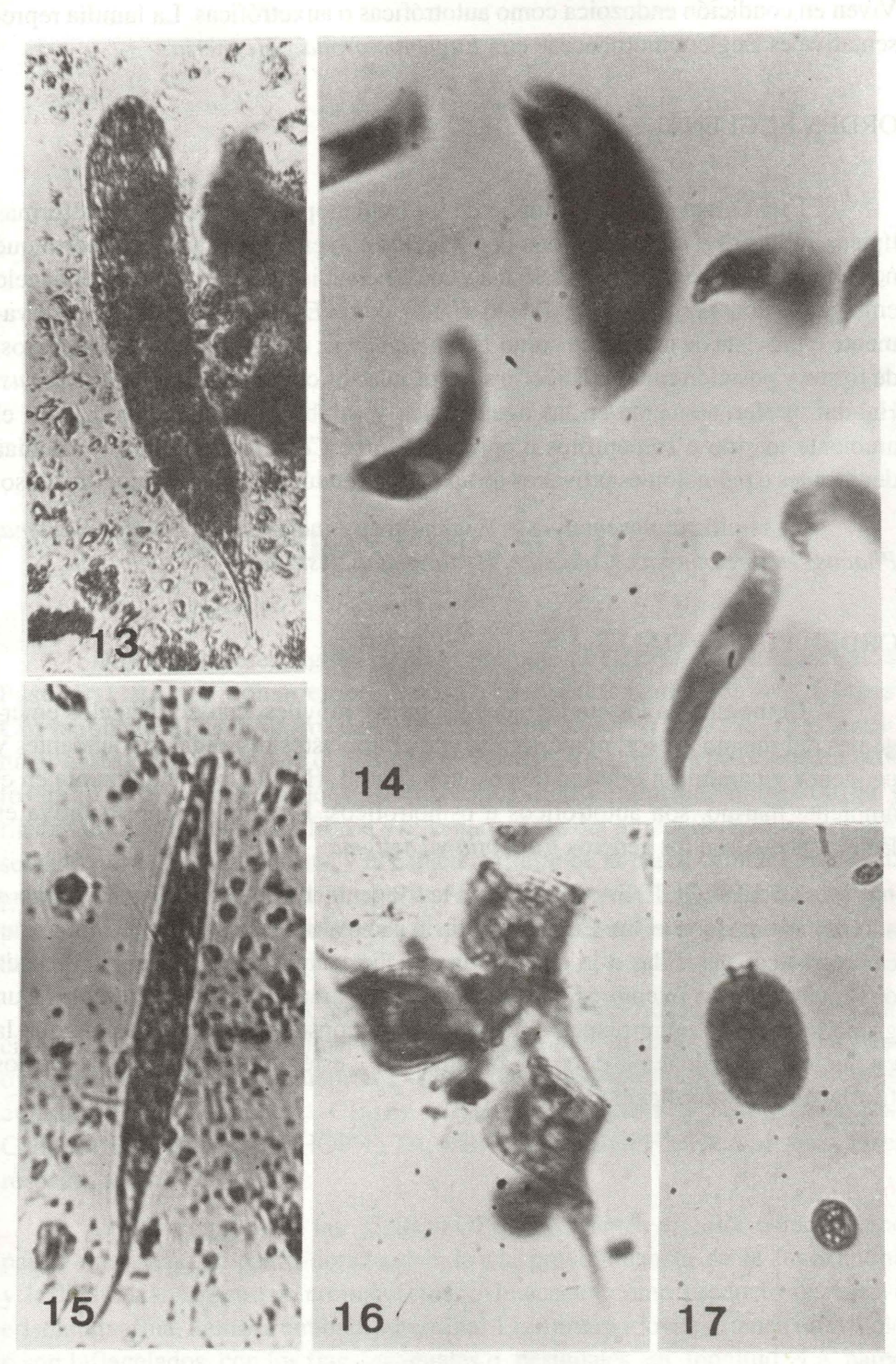
La familia representativa es Sphenomonadaceae con los géneros *Sphenomonas*, *Petalomonas y Anisonema*.

ORDEN HETERONEMATALES

Incluye a formas solitarias móviles, con dos flagelos emergentes desiguales en longitud y grosor; sin cloroplastos, ni estigma; con paramilon ovales abundantes. Son fagotróficos a través del organelo de ingestión adyacente a la investigación anterior. La familia Heteronemataceae incluye a los géneros *Heteronema y Peranema*.

ORDEN EUGLENOMORPHALES

Este Orden comprende a individuos solitarios móviles, con tres o más flagelos emergentes iguales en longitud, grosor y movimiento; generalmente sin cloroplastos, del mismo modo, con estigma o sin él; con paramilon granular u oval.



Figs.13, 14 y 15 *Euglena* spp. individuos vivos, algunos activamente móviles. **Fig.16** *Phacus longicauda* var.*tortus* individuos vivos. **Fig.17** *Trachelomonas* sp. aspecto de dos individuos.

Viven en condición endozoica como autotróficas o auxotróficas. La familia representativa es Euglenomorphaceae con *Euglenomorpha y Hegneria.*

ORDEN EUGLENALES

Este Orden es el más amplio de las Euglenophyta, e incluye a las formas típicas solitarias y coloniales; con dos flagelos uno emergente y el otro corto que no sobrepasa el reservorio; con estigma y con hinchamiento paraflagelar en el flagelo emergente, con periplasto flexible o rígido como *Euglena y Phacus* respectivamente o provista de una lórica como *Trachelomonas*; con cloroplastos numerosos, de forma y posición característicos o sin cloroplastos como *Astasia y Hyalophacus*. Habitan preferentemente en las aguas dulce y salobre y en menor escala en el ambiente marino o son epífitos o epizoicos como *Colacium* que forma colonias dendroides o palmeloides provistos de un tallo o pendúculo anterior, mucilaginoso.

La familia representativa es Euglenaceae e incluye a los géneros *Euglena, Phacus, Trachelomonas, Colacium, Hyalophacus, Astasia.*

ORDEN EUTREPTIALES

Comprende a los euglenoides solitarios, móviles, con dos flagelos emergentes del mismo grosor; con estigma; con cloroplastos discoidales abundantes y pequeños y paramilon esférico de posición central. Habitan particularmente en el ambiente marino, son autotróficos u osmotróficos. La familia representativa es Eutreptiaceae con los géneros *Eutreptia y Distigma.*

7.5.1 FILOGENIA. En cuanto a la filogenia de estos organismos, algunos autores sostienen que las Euglenophyta no son realmente algas porque muestran características parecidas a la de los animales. Sin excluir la condición pigmentada de muchos de sus miembros, otros muestran caracteres correspondientes a un grupo intermedio entre plantas y animales. En consecuencia es posible que la evolución y la filogenia de estos organismos estén incluidas en la de los fitoflagelados y zooflagelados.

8

DIVISIÓN CHRYSOPHYTA

Diversos autores siguen hasta el presente el criterio de clasificación de Pascher (1921) y consideran a esta División integrada por tres **Clases**: **Chrysophyceae, Xanthophyceae** y **Bacillariophyceae**, en base a algunas similitudes entre los miembros de dichas Clases, como por ejemplo la predominancia de los pigmentos carotenoideos -ß caroteno, diadinoxantina, diatoxantina y fucoxantina- sobre las clorofilas **a** y **c**; la naturaleza del producto de reserva representado por la crisolaminarina y el carácter similar de la pared celular constituida por dos piezas con impregnación silícica. Estos caracteres similares no lo son completamente en todo los miembros de las tres Clases como lo demuestran estudios bioquímicos y de microscopía electrónica recientes.

En consecuencia, existen diversas opiniones relacionadas con la clasificación, siendo el factor determinante la importancia que se da a los rasgos similares o diferenciales entre los miembros de estas algas. Nosotros como otros autores, consideramos a las tres Clases como tres Divisiones independientes: CHRYSOPHYTA, XANTHOPHYTA y BACILLARIOPHYTA, con sus Clases respectivas.

Los integrantes de las CHRYSOPHYTA, tienen el color característico pardo-amarillento o pardo-dorado, debido a la predominancia de la fucoxantina y la diadinoxantina en sus cromatóforos. Almacenan como producto de reserva crisolaminarina, llamada también leucosina. Las formas móviles tienen un flagelo o son biflagelados, con los flagelos iguales o desiguales en longitud. La pared celular carece de celulosa y muestran una tendencia a ser silicificada.

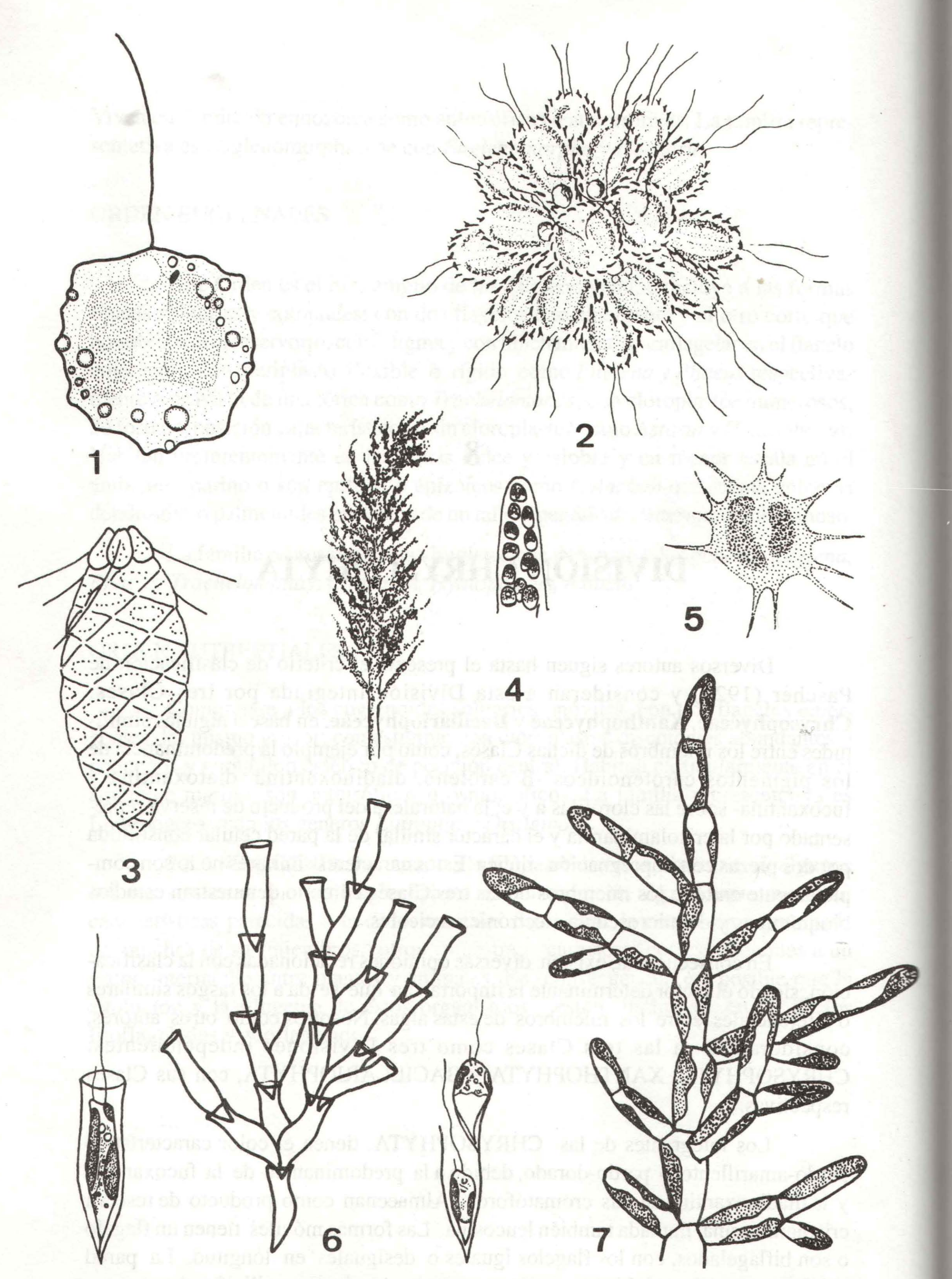


Fig.1 *Chromulina globosa,* detalle de su organización celular. **Fig.2** *Synura uvella* detalle de una colonia. **Fig.3** *Mallomonas lychennensis* detalle de un individuo y escamas externas. **Fig.4** *Hydrurus foetidus* aspecto de la colonia y detalle de la misma. **Fig.5** *Chrysomoeba radians* detalle de un individuo con proyecciones citoplasmáticas. **Fig.6** *Dinobryon stipitatum* organización de una colonia dendroidea y detalle de dos individuos. **Fig.7** *Phaethamnion confervicolum* detalle de la organización del talo.

cromatóforos laminares, lobulados y parietales. Algunos individuos como *Mallomonas y Synura* fueron descritos originalmente como provistos de dos cromatóforos, posteriormente se reconoció que tiene uno solo, con dos lóbulos en sus extremos y unidos por una conexión angosta. Vinculados a los cromatóforos se encuentran los pirenoides que no acumulan granos de almidón como en las Chlorophyta.

8.2.3 NÚCLEO. Las células de las Chrysophyta son uninucleadas, con membrana nuclear definida y un nucléolo prominente. Poco sabe acerca de los detalles estructurales y modo de división de esta importancia estructura.

8.3 REPRODUCCIÓN

El método más común de reproducción de las Chrysophyta es la sexual por simple división longitudinal, división que ocurre generalmente cuando el individuo está en movimiento como en *Ochromonas*. A veces las células hijas que resultan de divisiones simultáneas permanecen próximas entre sí dando lugar a una masa amorfa palmeloide. La reproducción asexual tiene lugar también por fragmentación en las formas multicelulares como *Synura y Phaeothamnion*. También producen zoosporas en un número de dos o cuatro; pero lo más notorio en esta División es la formación de **estatosporas** como formas de reposo, originadas bajo ciertas condiciones desfavorables del medio. Las estatosporas son quistes endógenos, se forman por contracción del protoplasto, separada de la pared celular, este protoplasto se recubre de material mucilaginoso y sobre éste una pared celulósica impregnada de sílice excepto un poro, que está taponado con sustancias mucilaginosa y a través del cual germina el nuevo individuo.

La reproducción sexual ha sido observada sólo en algunos miembros de esta División, principalmente en las que presentan lórica como *Dinobryon* y en la mayoría se da la isogamia. El zigote muestra una estructura típicamente quística.

8.4 HABITAT

La mayoría de las Chrysophyta son formas planctónicas de agua dulce templada y fría, otras son formas epifíticas. Existen también otros que viven en el medio ambiente marino.

8.5 CLASIFICACIÓN

El tratamiento taxonómico de esta División ha variado mucho en estos últimos años, con respecto a las Clases, Subclases y Ordenes; así Christensen (1962) separó de la única Clase Chrysophyceae otra, la Clase Haptophyceae (=Prymnesiophyceae), Hibberd (1976), incluyó en dicha Clase a las formas

móviles con flagelos isocontos con o sin haptonema. Reconoció en la Clase Chrysophyceae cinco Ordenes o más. Otros como Bourrell y (1964, 1968) reconoció sólo la Clase Chrysophyceae y ésta con cuatro Subclases y doce Ordenes. Fott (1959) y Round (1965) reconocieron en la Clase Chrysophyceae sólo cinco Ordenes. Bold & Wynne (1985) siguiendo a Christensen (1962) consideran la Clase Chrysophyceae con dos Subclases y ocho Ordenes y la Clase Prymnesiophyceae con cuatro Ordenes. Nosotros adoptamos el criterio de Chapman y Chapman (1977) quienes consideran a esta División con dos Clases: **Chrysophyceae** y **Haptophyceae**. La Clase **Chrysophyceae** con cinco Ordenes: **Chrysomonadales**, **Rhizochrysidales, Chrysocapsales, Chrysosphaerales** y **Chrysotrichales** o **Phaeothamniales**, como análogos a las Ordenes de las Chlorophyta y Xanthophyta y la Clase **Haptophyceae** con dos Ordenes: **Isochrysidales** y **Prymnesiales**.

Como podrá observarse en el procedimiento que se sigue, el carácter más notable está referido a los niveles de organización vegetativa, el tipo de los flagelos en las formas móviles y la naturaleza de las escamas de la pared celular.

8.5.1 CLASE CHRYSOPHYCEAE

Los integrantes de esta Clase, comparten las características anotadas para la División.

ORDEN CHRYSOMONADALES

Incluye a las formas flageladas más simples, solitarias, coloniales o palmeloides; desnudas, con escamas silíceas o lórica; con uno o dos flagelos. Propuestas recientes consideran que este Orden debe constituirse en tres Ordenes distintos: **Ochromonadales**, **Chromulinales** y **Dictyochales**, con los siguientes géneros representativos: *Ochromonas, Chromulina, Mallomonas, Synura, Dinobryon y Dictyocha.*

ORDEN RHIZOCHRYSIDALES (=CHRYSOMOEBIDALES de otros autores)

Comprende a las formas ameboides, desnudas, con lobopodios o rizopodios. El género representativo es *Chrysomoeba.*

ORDEN CHRYSOCAPSALES

Representan a las formas no móviles incluidas en un mucílago común. Se reproducen por fragmentación como *Chrysocapsa e Hydrurus.*

ORDEN CHRYSOSPHAERALES

Incluye a las formas solitarias o coloniales cocoides, no móviles como el género *Chrysosphaera*.

ORDEN CHRYSOTRICHALES (=PHAEOTHAMNIALES)

Incluye a la forma morfológica más evolucionada de las Chrysophyceae. Son de organización filamentosa uniseriadas, ramificadas o no como *Phaeothamnion* y *Nematochrysis* respectivamente.

ORDEN DICTYOCHALES

Comprende a las silicoflagelados como *Dictyocha*, organismo marino uniflagelado, con un esqueleto silíceo tubular, tridimensional y de valor taxonómico; con citoplasma hialino, diferenciados en ectoplasma y endoplasma, con periplasto definido; lleva el núcleo central y los cromosomas en la periferie.

8.5.2 CLASE HAPTOPHYCEAE (=PRYMNESIOPHYCEAE)

Esta Clase incluye a un grupo pequeño de las Chrysophyta, predominante marinos; con dos flagelos acronemáticos iguales o desiguales y frecuentemente con un tercer órgano filiforme llamado **haptonema**; estructura alargada, corta o vestigial o espiralada, cuya función no se conoce con precisión, posiblemente interviene en el control del movimiento en la fijación del organismo al substrato.

Las formas móviles o no móviles de esta Clase presentan escamas superficiales de naturaleza celulósica y otras escamas están constituidas por deposición de cristales submicroscópicos de calcita como en *Crystallolithus*, estas escamas se denominan **cocolitos**, distinguiéndose a su vez dos tipos: **holococolitos** y **heterococolitos**, es decir, con cristales de calcita de igual forma y tamaños diversos respectivamente. El conjunto de cocolitos en forma coherente sobre la superficie del individuo se denomina **cocósfera**.

La mayoría de las Haptophyceae son fotosintéticas, normalmente contienen dos cromatóforos laminares, parietales, con pigmentos y producto de reserva propios de las Chrysophyta. Existen también formas heterotróficas.

La reproducción asexual ocurre por simple división binaria. La reproducción sexual y el ciclo vital sólo ha sido observados en pocos miembros de esta Clase.

Esta Clase comprende a dos Ordenes: **Prymnesiales** e **Isochrysidales**.

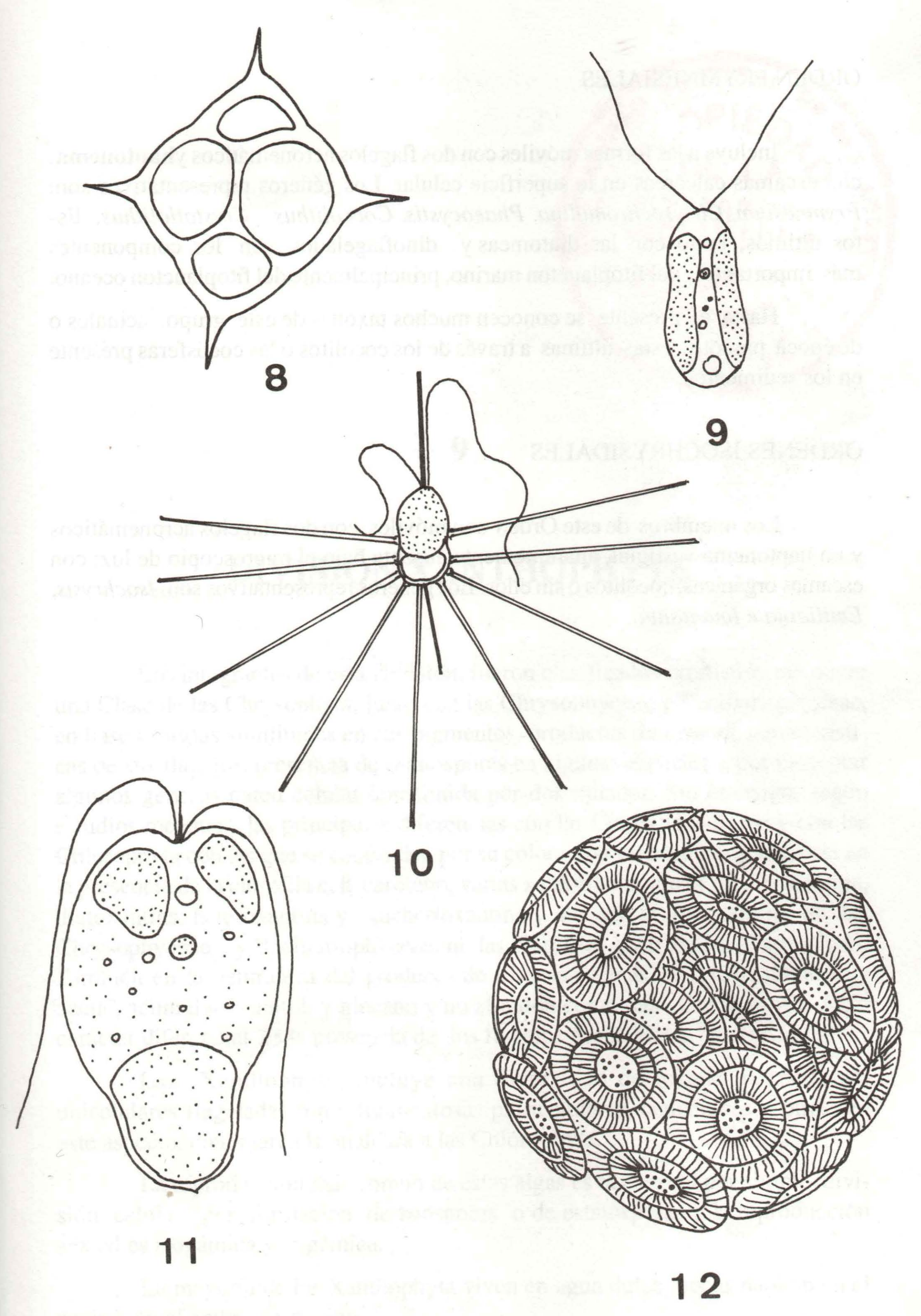


Fig.8 *Dictyocha fibula* esqueleto de un individuo. **Fig.9** *Isochrysis galbana* detalle de un individuo. **Fig.10** *Chrysochromulina spinifera* detalle de un individuo. **Fig.11** *Prymnesiun* sp. detalle de un individuo. **Fig.12** *Coccolithus pelagicus* vista externa de un individuo.

ORDEN PRYMNESIALES

Incluye a las formas móviles con dos flagelos acronemáticos y**haptonema**; con escamas calcáreas en la superficie celular. Los géneros representativos son: *Prymnesium, Chrysochromulina, Phaeocystis, Coccolithus y Crystallolithus*. Estos últimos, junto con las diatomeas y dinoflagelados son los componentes más importantes del fitoplancton marino, principalmente del fitoplancton oceáno.

Hasta el presente se conocen muchos taxones de este grupo, actuales o de época pasadas, estas últimas a través de los cocolitos o las cocósferas presente en los sedimentos.

ORDENES ISOCHRYSIDALES

Los miembros de este Orden son móviles, con dos flagelos acronemáticos y un haptonema vestigial, aparentemente ausente bajo el microscopio de luz; con escamas orgánicas, cocolitos o sin ellos. Los géneros representativos son: *Isochrysis, Emiliania e Imantonia.*

9

DIVISIÓN XANTHOPHYTA

Los integrantes de esta División, fueron clasificados originalmente como una Clase de las Chrysophyta, junto con las Chrysophyceae y Bacillariophyceae, en base a ciertas similitudes en sus pigmentos, productos de reserva, característi-cas de sus flagelos, presencia de estatosporas en algunas especies y por presentar algunos géneros pared celular constituida por dos mitades. Sin embargo, según estudios recientes, las principales diferencias con las Clases vinculadas y con las Chlorophyta con las que se confunden por su coloración verde amarillenta, está en la presencia de la clorofila **c**, **ß** caroteno, varias xantófilas como la diadinoxantina, diatoxantina, heteroxantina y vaucherioxantina y no así la fucoxantina de las Chrysophyceae y Bacillariophyceae, ni las clorofilas a y b de las Chlorophyta. También en la naturaleza del producto de reserva,además de crisolaminarina y aceite, acumulan manitol, y glucano y no almidón como las Chlorophyta. Otro carácter diferencial es la presencia de los flagelos desiguales o heterocontos.

Las Xanthophyta, incluye una diversidad de formas vegetativas: unicelulares flageladas o no, filamentosas pluricelulares, cenocíticas y otras; en este aspecto, con marcada analogía a las Chlorophyta.

La reproducción más común de estas algas es la asexual por simple divi-sión celular, por formación de zoosporas o de estatosporas y la reproducción sexual es isogámica y oogámica.

La mayoría de las Xanthophyta viven en agua dulce, pocas habitan en el suelo o en el ambiente marino.

9.1 FORMAS VEGETATIVAS Y HABITAT

Como ya se señaló, las formas vegetativas de las Xanthophyta, son análogas a las de las Chrysophyta y Chlorophyta. Alrededor de 2/3 está representada por formas cocoides solitarias, no móviles como *Pleurochloris, Chlorollanthus, Tetraediella, Characiopsis*, son coloniales como *Ophiocytium y Mischococcus*, unicelulares móviles como *Heterochloris*, ameboides como *Rhizochloris*, palmeloides como *Gloeochloris, Helminthogloea*, filamentosas uniseriadas, no ramificadas como en *Neonema, Bumilleria y Tribonema*, cenocíticas globosas como *Botrydium* y filamentosa ramificadas como *Vaucheria*.

La mayoría de las Xanthophyla descritas, viven en ambientes acuáticos continentales, epífitas o flotantes libremente; otros son subaéreos, viven sobre los troncos y las ramas húmedos de los árboles y arbustos. Viven también en los suelos húmedos como *Botrydium y Vaucheria* y algunas especies de este último son marinas.

9.2 ORGANIZACIÓN CELULAR

Aún siendo diversas las formas vegetativas de las Xanthophyta, muestran rasgos comunes a nivel celular. Así por ejemplo, la mayoría de las formas unicelulares o pluricelulares presentan una pared celular definida, delicada y con impregnaciones externas de carbonato de Ca como *Botrydium*, o gruesas, estratificadas y constituyendo las llamadas piezas en H características en *Tribonema*.

En otros géneros como *Chlorollanthus y Akanthochloris*, la pared celular tiene ornamentaciones externas características. Las formas ameboides como *Chloromeson* son desnudas.

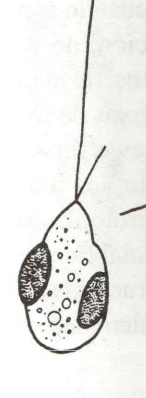
Los individuos unicelulares y las células de las pluricelulares tienen un solo núcleo central y son numerosos como es natural en las formas cenocíticas. Llevan de uno a numerosos cromatóforos, laminares, discoidales o lenticulares y parietales.En algunos géneros los cromatóforos tienen pirenoides y estigma de posición periférica.

Las formas flageladas tienen dos flagelos desiguales, uno es largo y pleuronemático y el otro es corto, simple; por este carácter estas algas fueron denominadas antes como **Heterocontae.**

9.3 REPRODUCCIÓN

La forma más común de reproducción es la asexual por simple división celular; también por **zoosporas, aplanosporas, estatosporas** e **hipnosporas**. También se reproducen por fragmentación en las formas pluricelulares.

La reproducción sexual no es muy frecuente, sin embargo es notable la reproducción oogámica de *Vaucheria*, así como la isogamia que muestra *Tribonema*.



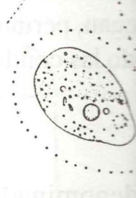




Fig.1 *Heterochlor*
viduos con rizopo
Fig.4 *Characiopsi*
una forma ameboi

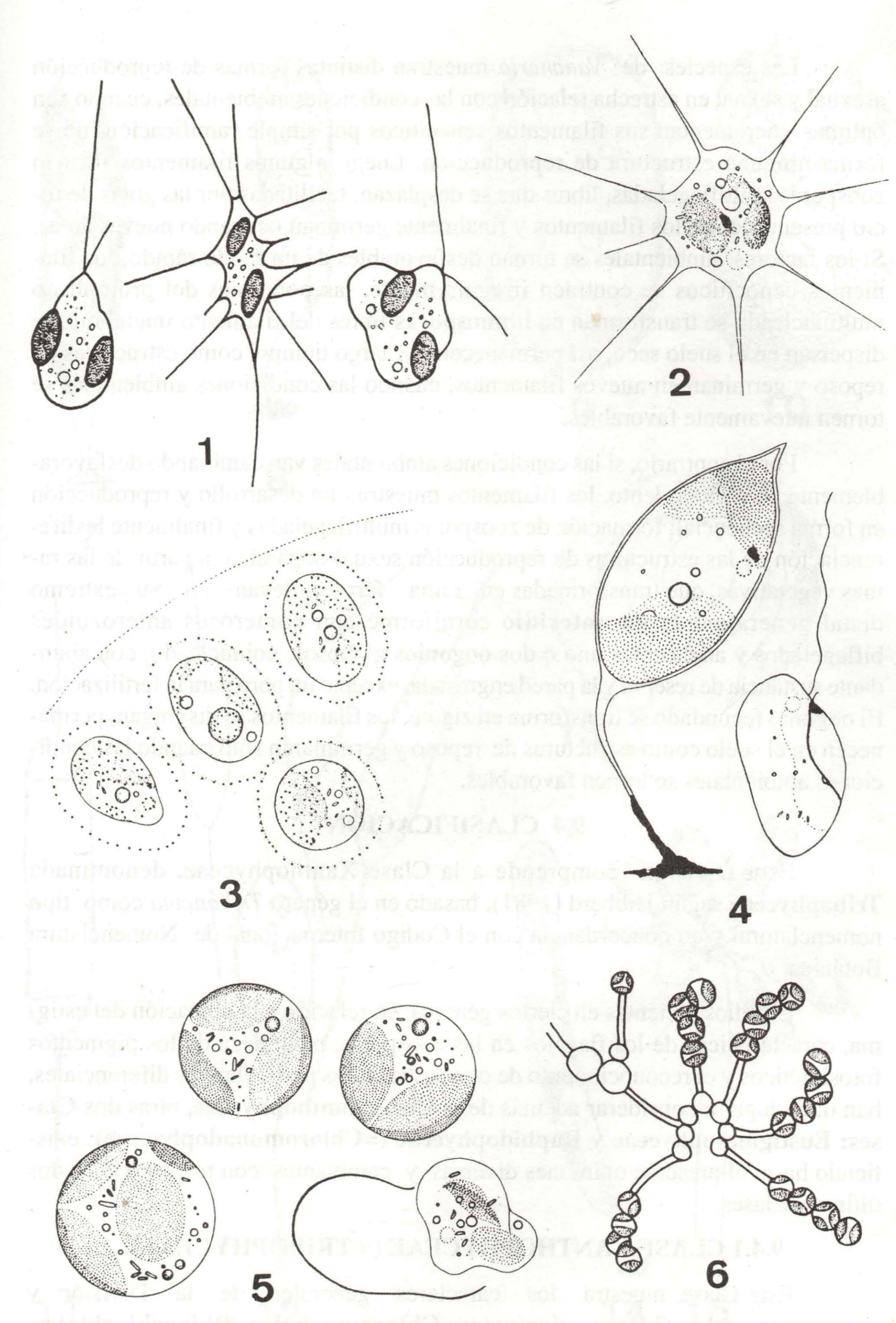


Fig.1 *Heterochloris mutabilis*, detalle de tres individuos. **Fig.2** *Rhizochloris consociata* detalle de dos individuos con rizopodios. **Fig.3** *Gloeochloris planctonica* cuatro individuos incluidos en un mucílago común. **Fig.4** *Characiopsis acuta* detalle de un individuo. **Fig.5** *Pleurochloris inaequalis* tres individuos globosos y una forma ameboide. **Fig.6** *Mischococcus confervicola* detalle de una colonia dendroidea (Según Ettl,1978)

Las especies de *Vaucheria* muestran distintas formas de reproducción asexual y sexual en estrecha relación con las condiciones ambientales, cuando son óptimas, incrementan sus filamentos cenocíticos por simple ramificación, no se forma ninguna estructura de reproducción. Luego algunos filamentos forman zoosporas multiflageladas, libres que se desplazan, facilitadas por las gotas de rocío presentes entre los filamentos y finalmente germinan ocupando nuevas áreas. Si los factores ambientales se tornan desfavorables de un modo rápido, los filamentos cenocíticos se contraen irregularmente, las porciones del protoplasto multinucleado se transforman en **hipnosporas** libres del filamento inicial que se dispersan en el suelo seco; así permanecen por largo tiempo, como estructuras de reposo y germinan en nuevos filamentos, cuando las condiciones ambientales se tornen nuevamente favorables.

Por el contrario, si las condiciones ambientales van cambiando desfavorablemente de e modo lento, los filamentos muestran un desarrollo y reproducción en forma secuencial; formación de zoosporas multiflageladas y finalmente la diferenciación de las estructuras de reproducción sexual oogámica a partir de las ramas vegetativas, que transformadas en rama fértiles llevan en su extremo distal generalmente un **anteridio** corniforme con numerosos anterozoides biflagelados y adyacentes uno o dos **oogonios** globosos, uninucleado, con abundante sustancia de reserva y la pared engrosada, excepto un poro para la fertilización. El oogonio fecundado se transforma en zigote, los filamentos se disgregan, permanecen en el suelo como estructuras de reposo y germinarán sólo cuando las condiciones ambientales se tornen favorables.

9.4 CLASIFICACIÓN

Esta División comprende a la Clase Xanthophyceae, denominada **Tribophyceae** según Hibberd (1981), basado en el género *Tribonema* como tipo nomenclatural y en concordancia con el Código Internacional de Nomenclatura Botánica.

Estudios recientes en ciertos géneros, en relación a la ubicación del estigma, características de los flagelos en las zoosporas, naturaleza de los pigmentos fotosintéticos y el reconocimiento de otras estructuras particulares y diferenciales, han dado lugar a considerar además de la **Clase Xanthophyceae**, otras dos **Clases: Eustigmatophyceae y Raphidophyceae (=Chloromonadophyceae)**; existiendo hasta el presente opiniones diversas y cambiantes con respecto a las dos últimas Clases.

9.4.1 CLASE XANTHOPHYCEAE (= TRIBOPHYCEAE).

Esta Clase, muestra los caracteres generales de la División y comprende a los Ordenes siguientes: **Chloramoebales, Rhizochloridales, Heterogloeales, Mischococcales, Tribonematales y Vaucheriales**, diferenciados principalmente por sus formas vegetativas características.

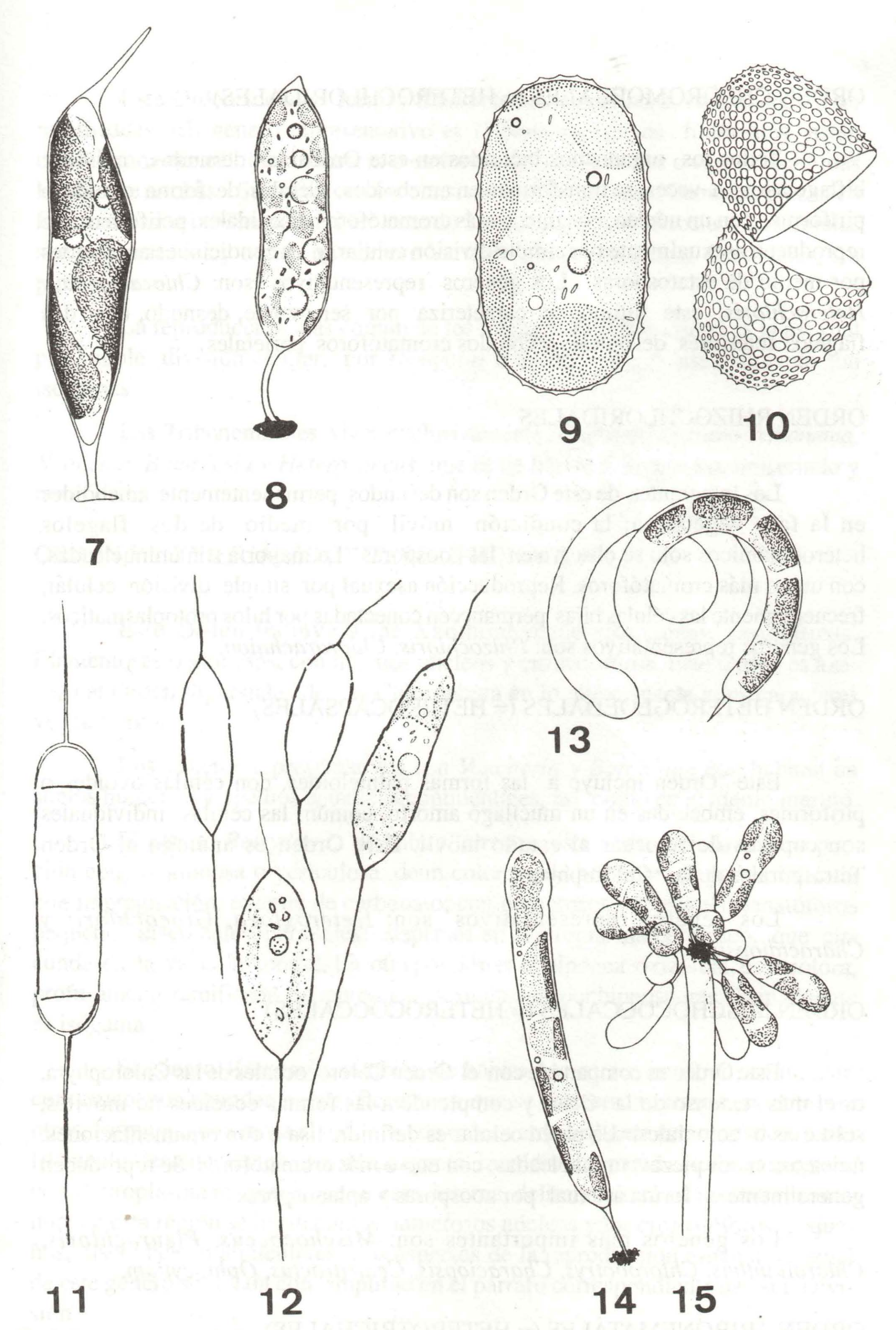


Fig.7 *Characiopsis aculeata,* detalle de un individuo. **Fig.8** *Characiopsis varians* detalle de un individuo. **Figs.9,10** *Chlorallantus oblongus* detalle de un individuo y de la pared celular. **Fig.11** *Centritractus rotundatus* detalle de la pared celular. **Fig.12** *Centritractus capilifer* varios individuos. **Fig.13** *Ophiocytium cochleare* detalle de un individuo. **Figs.14,15** *Ophiocytium ilkae* detalle de dos individuos (Según Ettl,1978)

ORDEN CHLOROMOEBALES (= HETEROCHLORIDALES)

Todos los organismos incluidos en este Orden son desnudos, móviles, biflagelados; a veces, se transforman en ameboides. Células de forma ovoide o piriforme, con un núcleo, con uno o más cromatóforos discoidales, periféricos. Se reproducen asexualmente por simple división celular y en condiciones ameboides por medio de estatosporas. Los géneros representativos son: *Chloramoeba y Heterochloris*, este último se caracteriza por ser ovoide, desnudo, con dos flagelos anteriores, desiguales y con dos cromatóforos parietales.

ORDEN RHIZOCHLORIDALES

Los integrantes de este Orden son desnudos, permanentemente ameboides en la fase vegetativa; la condición móvil por medio de dos flagelos heterodinámicos sólo se observa en las zoosporas. La mayoría son uninucleadas, con uno o más cromatóforos. Reproducción asexual por simple división celular, frecuentemente las células hijas permanecen conectadas por hilos protoplasmáticos. Los géneros representativos son: *Rhizochloris, Chlorarachnion.*

ORDEN HETEROGLOEDALES (= HETEROCAPSALES)

Este Orden incluye a las formas palmeloides, con células ovoides o piriformes, embebidas en un mucílago amorfo, común; las células individuales son capaces de retornar al estado móvil. Este Orden es análogo al Orden Tetrasporales de las Chlorophyta.

Los géneros representativos son: *Heterogloea, Gloeochloris y Characidiopsis.*

ORDEN MISCHOCOCCALES (= HETEROCOCCALES)

Este Orden es comparable con el Orden Chlorococcales de las Chlorophyta, es el más extenso de la Clase y comprende a las formas cocoides no móviles, solitarias o coloniales. La pared celular es definida, lisa o con ornamentaciones, única o con dos piezas; uninucleadas; con uno o más cromatóforos. Se reproducen generalmente en forma asexual por zoosporas y aplanosporas.

Los géneros más importantes son: *Mischococcus, Pleurochloris, Chlorollanthus, Chlorobotrys, Characiopsis, Centritractus, Ophiocytium.*

ORDEN TRIBONEMATALES (= HETEROTRICHALES)

Este Orden incluye formas filamentosas, uniseriadas, ramificadas o no ramificadas. El género representativo es *Tribonema*, cuyos filamentos están constituidos por células cilíndricas o en forma de barril, de dos o varias veces más largas que anchas. Su pared celular consiste de dos mitades, llamadas piezas en **H**, observadas con mayor nitidez cuando los filamentos se disocian. Las células son uninucleadas y tienen un número variable de cromatóforos discoidales, sin pirenoides.

La reproducción más común de los miembros de este Orden es la asexual por simple división celular, por zoosporas o aplanosporas y asexualmente son isógamas.

Las Tribonematales, viven exclusivamente en agua dulce como *Tribonema, Neonema, Bumilleria y Heterococcus* que es de hábito filamentoso, uniseriado y ramificado.

ORDEN VAUCHERIALES (HETEROSIPHONALES)

Este Orden incluye a las Xanthophyceae sifonáceas, cenocíticas, filamentosas o globosas, con muchos núcleos y cromatóforos. Este Orden es análogo al Orden Siphonales de las Chlorophyta en lo que respecta a los caracteres vegetativos.

Los géneros representativos son *Vaucheria y Botrydium* que habitan en suelos húmedos y medios acuáticos continentales, así como en el medio marino.

El género *Botrydium*, de hábito terrestre, está diferenciada en una porción epígea, globosa o vesiculosa, deun color verde brillante, de pared delicada con impregnación externa de carbonato; con numerosos núcleos y cromatóforos pequeño, discoidales, parietales, dispersos en el citoplasma periférico, que circunda de la vacuola central. La otra porción es el hipogea o rizoidal, es incolora, profusamente ramificada. Se reproduce asexualmente por hipnosporas. Sexualmente es isógama.

El género *Vaucheria*, también de hábito terrestre o acuático, es tubular, cenocítico, con abundantes ramificaciones, que se entrecruzan irregularmente con otros, formando una masa algodonosa de color verde brillante característico. Cada filamento tiene unpequeño rizoide, angosto, incoloro. La pared celular es delgada, con el citoplasma restringido, a su cara interna, delimitando el sifón central continuo, en esta región se localizan los numerosos núcleos y los cromatóforos, pequeños, discoidales o lenticulares. Los aspectos de la reproducción asexual y sexual de este género se señala con amplitud en el párrafo correspondiente de esta División.

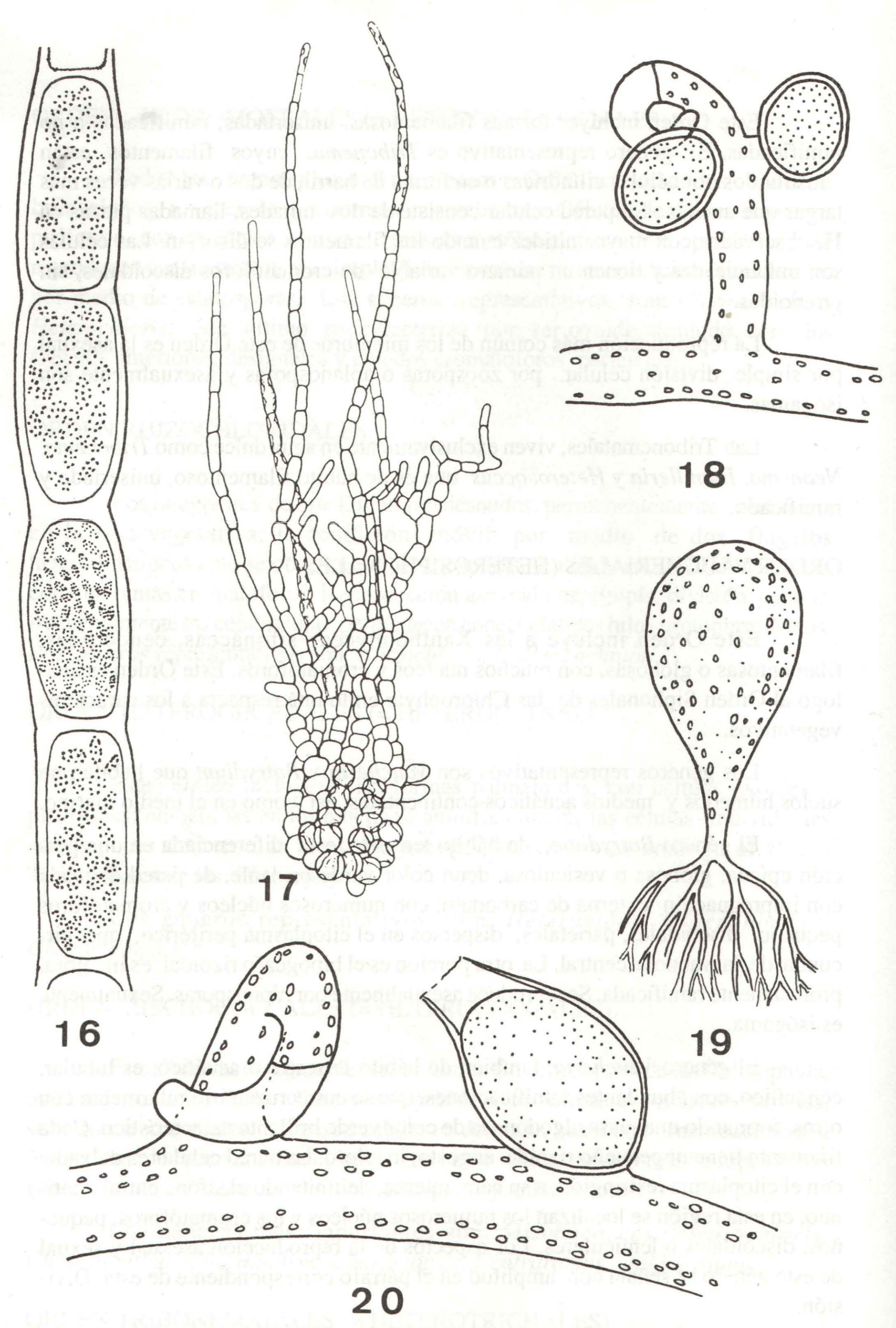
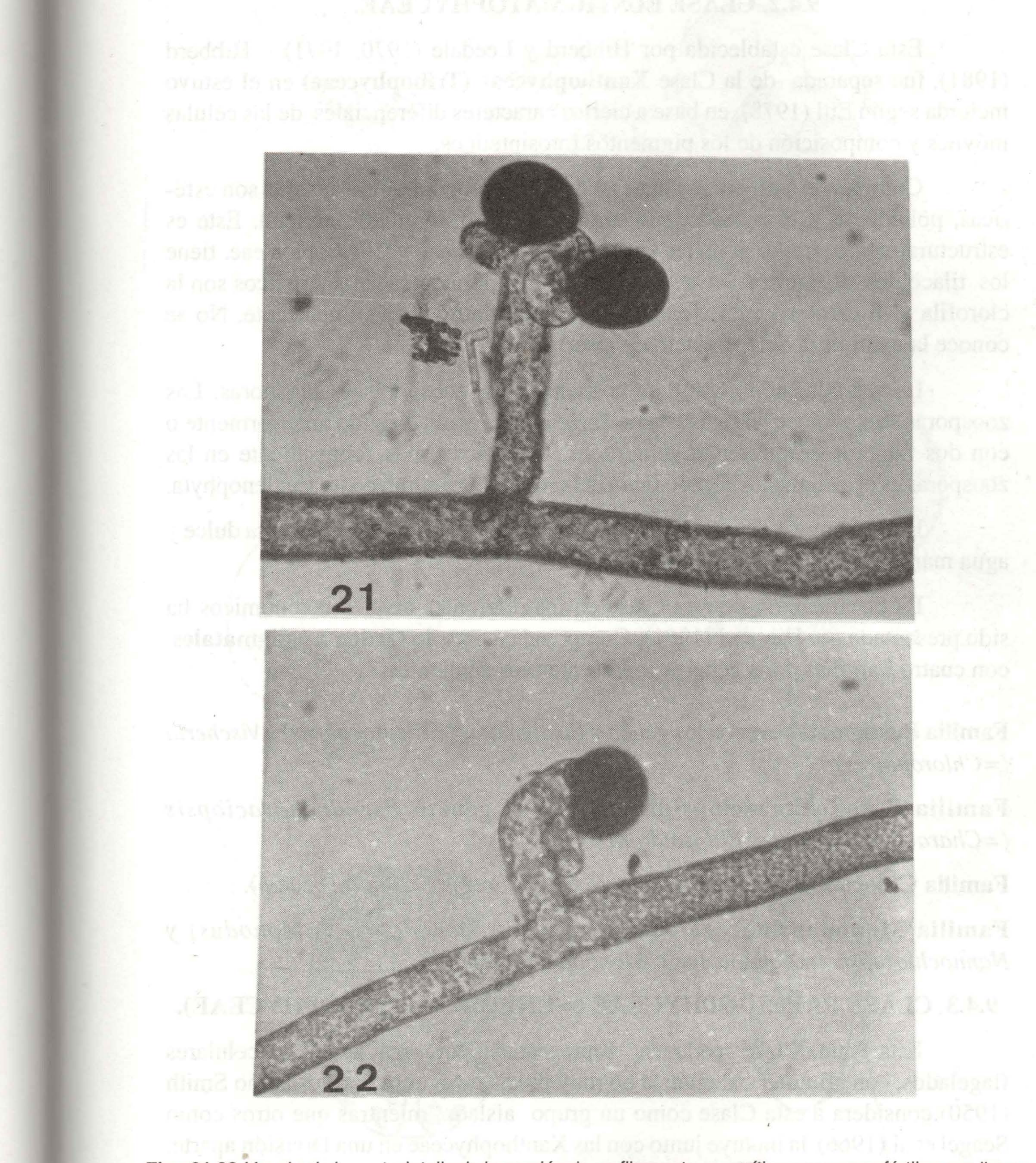


Fig.16 *Tribonema bombycinum* porción de un filamento con células en forma de barril y pared en piezas de H. **Fig.17** *Heterococcus mastigophorus* detalle del talo pluricelular. **Fig.18** *Vaucheria hamata* detalle de una porción con una rama fértil con dos oogonios y un anteridio corniforme. **Fig.19** *Botrydium granulatum* individuo cenocítico globoso diferenciado en rizoide y parte epígea globosa. **Fig.20** *Vaucheria sesilis* porción del cenocito con oogonio no pedicelado y anteridio próximo.



Figs.21,22 *Vaucheria hamata* detalle de la porción de un filamento cenocítico,con ramas fértiles que llevan en su extremo distal dos oogonios laterales con un anteridio corniforme central y un oogonio adyacente al anteridio respectivamente.

9.4.2. CLASE EUSTIGMATOPHYCEAE.

Esta Clase establecida por Hibberd y Leedale (1970, 1971) y Hibberd (1981), fue separada de la Clase **Xanthophyceae (Tribophyceae)** en el estuvo incluida según Ettl (1978), en base a ciertos caracteres diferenciales de las células móviles y composición de los pigmentos fotosintéticos.

Comprende a un grupo pequeño de formas cocoides. Las células son esféricas, poliédricas a estrelladas, con un cromatóforo, lobulado, parietal. Este es estructuralmente similar al de las Clases Xanthophyceae y Chrysophyceae, tiene los tilacoides dispuestos en grupos de 3. Los pigmentos característicos son la clorofila **a**, **ß** caroteno y la violaxantina como xantófila más importante. No se conoce la naturaleza del producto de reserva.

La reproducción común es la asexual por zoosporas y autosporas. Las zoosporas son ovoides, alargadas, con flagelo emergente dirigido anteriormente o con dos flagelos de diferentes longitudes. El carácter más sobresaliente en las zoosporas es el estigma localizado fuera del cromatóforo como en las Euglenophyta.

Los miembros de esta Clase viven en diferentes ambientes de agua dulce y agua marina.

La clasificación de esta Clase en los diferentes niveles taxonómicos ha sido presentada por Hibberd (1981). Comprende a un solo **Orden Eustigmatales**, con cuatro Familias y los géneros representativos siguientes:

Familia Eustigmataceae con los géneros *Eustigmatos (=Pleurochloris) y Vischeria (=Chlorobotrys).*

Familia Pseudocharaciopsidaceae con el género *Pseudocharaciopsis (=Characium, Monodus, Ellipsoidion).*

Familia Chlorobotryceae con el género *Chlorobotrys (=Chlorococcum).*

Familia Monodopsidaceae con los géneros *Monodopsis (=Monodus) y Nannochloropsis (=Nannochloris, Monollanthus).*

9.4.3 CLASE RAPHIDOPHYCEAE (= CHLOROMONADOPHYCEAE).

Esta es una Clase pequeña, representada por organismos unicelulares flagelados, con afinidad sistemática no muy precisa. Algunos autores como Smith (1950) considera a esta Clase como un grupo aislado, mientras que otros como Scagel et al.(1966) la incluye junto con las Xanthophyceae en una División aparte, o comoDodge (1973) quien vincula a esta Clase con otras algas como las Chrysophyta por presentar en sus cromatóforos las clorofilas **a** y **c**, con los tilacoides dispuestos en grupos de tres y por presentar flagelos heterocontos.

Otros caracteres diferenciales de esta Clase con respecto a otras algas es la

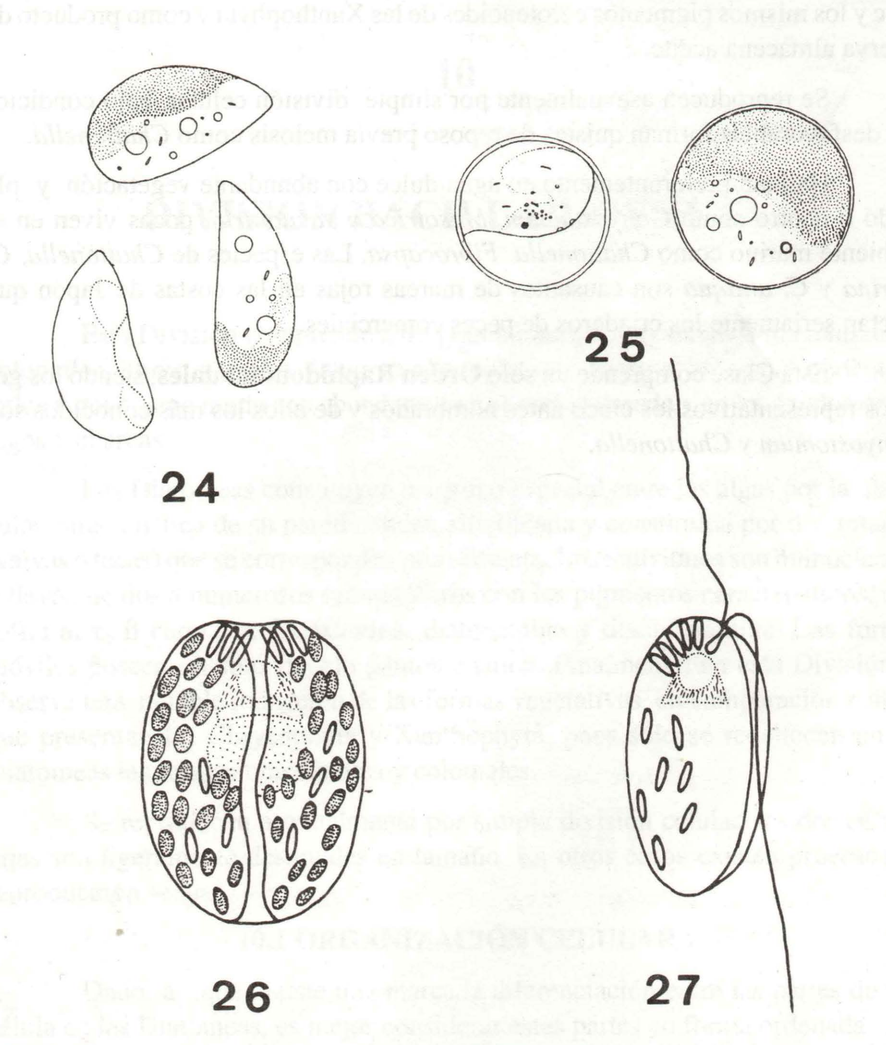


Fig.23 *Eustigmatus* (=*Pleurochloris*) detalle de dos individuos y autosporas respectivamente. **Fig.24** *Monodopsis* (=*Monodus*) detalle de tres individuos libres. **Fig.25** *Vischeria* (=*Chlorobotrys*) detalle de dos individuos libres (Según Ettl,1978). **Figs.26,27** *Gonyostomum ovatum* dos individuos en vista frontal y lateral respectivamente.

presencia de los **tricocistos** propios de las Pyrrhophyta y la presencia de los **cinetocoros**.

Los individuos de esta Clase, son unicelulares solitarios o palmeloides, esférico su ovoides, desnudos y sin estigma. El citoplasma está diferenciada en endoplasma central que contiene un núcleo prominente, los mitocondria, retículo endoplasmático, vacuola contráctil y aparato de golgi y en ectoplasma periférico adherido a la cara interna de la membrana celular, lleva los cromatóforos discoidales, numerosos y los tricocistos.

Los pigmentos presentes en los miembros de esta Clase son las clorofilas **a** y **c** y los mismos pigmentos carotenoides de las Xanthophyta y como producto de reserva almacena aceite.

Se reproducen asexualmente por simple división celular, bajo condiciones desfavorables forman quistes de reposo previa meiosis como *Chattonella.*

Habitan preferentemente en agua dulce con abundante vegetación y pH ácido o neutro como *Gonyostomum, Mesotrica y Vacuolaria,* pocas viven en el ambiente marino como *Chattonella, Fibrocapsa.* Las especies de *Chattonella, C. marina y C. antiqua* son causantes de mareas rojas en las costas de Japón que afectan seriamente los criaderos de peces comerciales.

Esta Clase comprende un solo **Orden Raphidomonadales**, siendo los géneros representativos los cinco antes nombrados y de ellos los más conocidos son *Gonyostomum y Chattonella.*

10

DIVISIÓN BACILLARIOPHYTA

Esta División comprende a un gran número de organismos unicelulares o coloniales, libres o sésiles. Integran el fitoplancton marino, así como el de agua dulce y del mismo modo son abundantes en el suelo húmedo y en los fondos de los lagos y charcas.

Las Diatomeas constituyen un grupo especial entre las algas por la particular característica de su pared celular, silicificada y constituida por dos mitades (valvas o tecas) que se corresponden mutuamente. Los individuos son uninucleados y llevan de dos a numerosos cromatóforos con los pigmentos característicos, clorofila **a, c, ß** caroteno, fucoxantina, diatoxantina y diadinoxantina. Las formas móviles poseen un solo flagelo pantonemático. Finalmente, en esta División se observa una notable reducción de las formas vegetativas, en comparación con las que presentan las Chrysophyta y Xanthophyta, pues sólo se reconocen en las Diatomeas las formas unicelulares y coloniales.

Se reproducen asexualmente por simple división celular, las dos células hijas son ligeramente desiguales en tamaño. En otros casos existen procesos de reproducción sexual.

10.1 ORGANIZACIÓN CELULAR

Dado a que existe una marcada diferenciación entre las partes de una célula de las Diatomeas, es mejor considerar estas partes en forma ordenada.

10.1.1 PARED CELULAR. Se denomina **frústulo** y tiene estas características:

PARTES. El frústulo está constituido por dos mitades o valvas y éstas se corresponden una a la otra; la mayor es la **epiteca** o **epivalva** y la menor es la **hipoteca** o **hipovalva**; entre estas dos partes existe una zona conectival no silicificada, denominada **cíngulo** o **sutura**, el cual facilita la separación de las valvas cuando estos organismos son tratados con ácidos y álcalis fuertes.

El cíngulo tiene a su vez dos partes: el **epicíngulo** y el **hipocíngulo**, denominándose a este tipo, **cíngulo simple** como en la mayoría de las Diatomeas, mientras que el **cíngulo compuesto** tiene piezas o bandas adicionales llamadas **bandas intercalares** como en *Rhizosolenia.*

La epiteca está constituida por la **epivalva** más el **epicíngulo**, mientras que la **hipoteca** lo constituye la **hipovalva** más el **hipocíngulo**.

Es importante destacar el plano de observación de las Diatomeas: cuando ésta es observada por la valva, la vista es valvar o de frente; si es por el cíngulo la vista es cingular o de perfil. Muchos géneros son generalmente observados en una de las dos vistas (*Coscinodiscus, Planktoniella, Melosira*), sólo en vista valvar o de frente; otros son observados indistintamente en ambas vistas (*Pinnularia, Rhopalodia, Navicula*). Las formas coloniales son observadas únicamente en vista cingular o de perfil.

NATURALEZA Y ORNAMENTACIÓN. La pared celular o frústulo está compuesto de aminoácidos y azúcares impregnados íntegramente por sílice, excepto en las porciones mucilaginosas frecuentes en las formas planctónicas como *Asterionella* o los rodetes mucilaginosos de las formas sésiles como *Grammatophora*, y los pedúnculos mucilaginosos de las formas epífitas como *Licmophora.*

El grado de silicificación del frústulo varía en los diferentes géneros. Existen frústulos extremadamente delgados como el de *Subsilicea,* la mayoría son gruesos y resistentes a una degradación natural y por esta razón se han acumulado en épocas pasadas, constituyendo la llamada **diatomita** o **tierra de diatomeas**, empleada con diversos propósitos

. El sílice del frústulo está constituido por el silicón que es una forma del ácido silícico presente en el medio y que va depositándose progresivamente sobre el **silicalema** que representa la membrana común de las vesículas presentes en la formación de los nuevos frústulos.

El frústulo presenta diversas formaciones ornamentales características, las que son observadas con mayor precisión luego de la limpieza del mismo. Son vistas primero con el microscopio de luz mejor aún con el microscopio electrónico de barrido, siendo realmente espectaculares la observación tridimensional de estos organismos.

En la actualidad existe una terminología estandarizada para definir cada una de las diferentes estructuras del frústulo.

Entre estas ornamentaciones destacan las **elevaciones** (a modo de cuerno) como los de *Biddulphia*, las **cerdas** de *Chaetoceros*, las **espinas marginales** que se unen a las del frústulo adyacente como en *Skeletonema*, **radios** y **expansión alar** como en *Planktoniella*. Otra estructura es la **estría** constituida por hileras radiales de **aereolas** como en *Coscinodiscus*, o por hileras de cavidades alargadas, dispuestas paralela y bilateralmente como en *Pinnularia*. Las aereolas corresponden a un poro simple o cámara llamado **lóculo**, éste se localiza en el espesor de la valva; según las especies cada lóculo lleva perforación o **forámen**, cubierta por una delicada capa silícea perforada denominada **velo**, en el lado opuesto el velo se denomina **criba** por presentar perforaciones pequeñas.

Otras Diatomeas como *Epithemia* tiene el frústulo con **septas** transversales internas a modo de tabiques. También son notables los **procesos labiales** presentes en varios géneros como en *Thalassiosira*, con aberturas en el espesor de las valvas, que forman o no un tubo con la parte terminal comprimida semejante a dos labios.

Las áreas no ornamentales del frústulo se denominan áreas hialinas, ocupan el eje apical en las diatomeas que carecen de rafe como en *Achnanthes* denominándose a esta área hialina **pseudorafe.**

FORMAS. El frústulo tiene diferentes formas, vista generalmente por la valva o de frente:

Circulares (*Cyclotella, Coscinodiscus, Planktoniella*)

Triangulares (*Triceratium*)

Elípticos (*Biddulphia, Isthmia*)

Lanceolados sigmoideos (*Pleurosigma, Odontella, Gyrosigma*)

Naviculiformes (*Navicula, Stauroneis, Mastogloia, Frustulia*)

Lineales (*Synedra, Tabellaria*)

Cilíndricos (*Melosira, Stephanopyxis, Rhizosolenia*), etc.

SIMETRÍA. El frústulo de las Diatomeas presenta relaciones de simetría respecto a determinados ejes, o planos. A continuación indicamos los distintos ejes y los principales planos.

El eje **pervalvar** une los puntos medios de cada valva: es decir, une el centro de simetría de cada valva, en *Pinnularia* por ejemplo, sería el eje perpendicular que une los nódulos centrales internamente. Todo eje perpendicular al anterior se denomina eje **transversal**. En el caso de las Diatomeas de simetría bilateral como *Pinnularia*, existen dos ejes transversales: el eje **apical** que une los extremos del frústulo y el eje **transapical**, perpendicular al anterior en la pared media. En las

Diatomeas de simetría radial como *Coscinodiscus*, cuyas valvas son circulares, existe una infinidad de ejes transversales como diámetros.

Los planos de simetría son los siguientes: el **valvar**, perpendicular al eje pervalvar, pasa por el eje transapical, paralelo a las valvas y divide el frústulo en dos partes desiguales: la epiteca es mayor que la hipoteca.

El plano **apical** o **sagital**, cuya orientación está con el eje apical e incluye el eje pervalvar. Divide al frústulo en dos mitades iguales derecha e izquierda, o desiguales ventral y dorsal.

Finalmente el plano **transapical** o **transversal**, orientado en el eje o ejes transversales, e incluye al eje pervalvar. Divide al frústulo en dos mitades iguales derecha e izquierda, o desiguales apical o cefálica y podálica.

10.1.2 RAFE Y MOVIMIENTO. En la superficie valvar de muchas Diatomeas pennales, excepto en las Araphidales y todas las Diatomeas centrales, se observa un surco longitudinal axial que recibe el nombre de **rafe**, éste es recto, ondulado, sigmoideo, está interrumpido en la parte media por el **nódulo central** y termina en los extremos en los **nódulos polares.** El rafe es una estructura compleja, en una sección transversal de la valva, tiene la forma de V abierta hacia afuera y hacia a dentro. Se localiza indistintamente en la zona axial de ambas valvas como en muchas **Naviculaceae** (*Navicula, Stauroneis, Pinnularia, etc.*), o sólo en una valva como en las Monoraphidales (*Achnanthes, Cocconeis,* etc.). En otros casos ocupa el margen de las valvas, en una quilla, cresta o a la mas o menos marcada como en *Surirella, Nitzschia,* etc.).

En general sólo las Diatomeas que poseen rafe son las que muestran movimiento. Existen varias teorías que tratan de explicar este hecho, probablemente el rafe en todo los casos está ocupado por corrientes citoplasmáticas en contacto directo con el medio externo y que el movimiento es el resultado de este contacto, pues se ha observado que las corrientes de citoplasma son más intensas a través del rafe y en dirección opuesta al movimiento.

Por otro lado existe estímulo externo, como la temperatura y la luz que contribuye a este fenómeno.

10.1.3 CITOPLASMA, NÚCLEO Y CROMATÓFOROS. El citoplasma está representado por una capa fina, adherida a la cara interna del frústulo, delimitado a una gran vacuola central. Muestra una ligera condensación en la región polar en las Pennales, así como en la región media rodeando al núcleo.

El **núcleo** es único, de posición central suspendido por un puente citoplasmático; es esférico, oval, lenticular o reniforme.

Los **cromatóforos** son variados en forma de número, así las Centrales en su mayor parte poseen numerosos cromatóforos, pequeños e irregularmente

dispuestos como en *Coscinodiscus*; las Pennales en cambio, poseen uno o dos cromatóforos grandes, laminares lobulados y perpendiculares a las valvas como en *Pinnularia*. La coloración típica es marrón-dorada, puede ser también marrón oscuro, o verde amarillento. Los pigmentos correspondientes son las clorofilas **a, b, ß** caroteno como pigmento principal y entre las xantófilas escasas cantidades de diadinoxantina y diatoxantina.

Pocas especies de Diatomeas son no pigmentadas y viven saprofíticamente como *Nitzschia alba*, presenta leucoplasto.

Los pirenoides están presentes en algunos géneros, son generalmente esféricos o lenticulares, brillantes en los cromatóforos.

10.2 REPRODUCCIÓN

El método más común de reproducción de las Diatomeas es el asexual por simple división celular. El plano de división es paralelo al plano valvar. Antes de la División celular un aumento en el volumen del frústulo condiciona la ligera separación de las valvas, observada mejor en vista singular o de perfil, seguida por una mitosis y citocinesis progresiva. Durante este proceso los cromatóforos también se divide cuando son grandes y laminares o se reparten entre las dos células hijas cuando son numerosos. Cada célula hija tiene una mitad de su pared celular vieja y otra mitad nueva, la banda conectival cubre a la nueva y así que la hipoteca de la célula madre deviene en epiteca de una de las células hijas; la otra célula hija que lleva la epiteca regenera la hipoteca. Luego de sucesivas divisiones el tamaño de las células hijas disminuye gradualmente. Algunas especies pueden conservar su tamaño constante gracias a la plasticidad del frústulo o por la naturaleza no silicificada del cíngulo. Mejor aún si las condiciones ambientales son desfavorables.

La reducción en tamaño de una población de Diatomeas es compensada inmediatamente o después en forma vegetativa por una total o parcial expulsión del protoplasto del frústulo pequeño y la regeneración de un nuevo frústulo con el tamaño específico, o a través de la formación de las **auxosporas**. Las auxosporas son células grandes que se forman a partir de los nuevos zigotes, que resultan del proceso de reproducción sexual y está rodeada por el **perizonio**.

El proceso de reproducción sexual en las Diatomeas está estrechamente relacionada con la reducción del tamaño de las células. En aquellas Diatomeas cuyo tamaño de sus células no decrece la reproducción sexual no se manifiesta.

Las células vegetativas de las Centrales y Pennales son diploides y los gametos se forman directamente por meiosis. En las Centrales la reproducción sexual es **oogámica** y sólo el gameto masculino o esperma es flagelado. En las Pennales la reproducción sexual es **isogámica** y los gametos son ameboides. En las Centrales, el oogonio se diferencia a partir de una célula vegetativa que

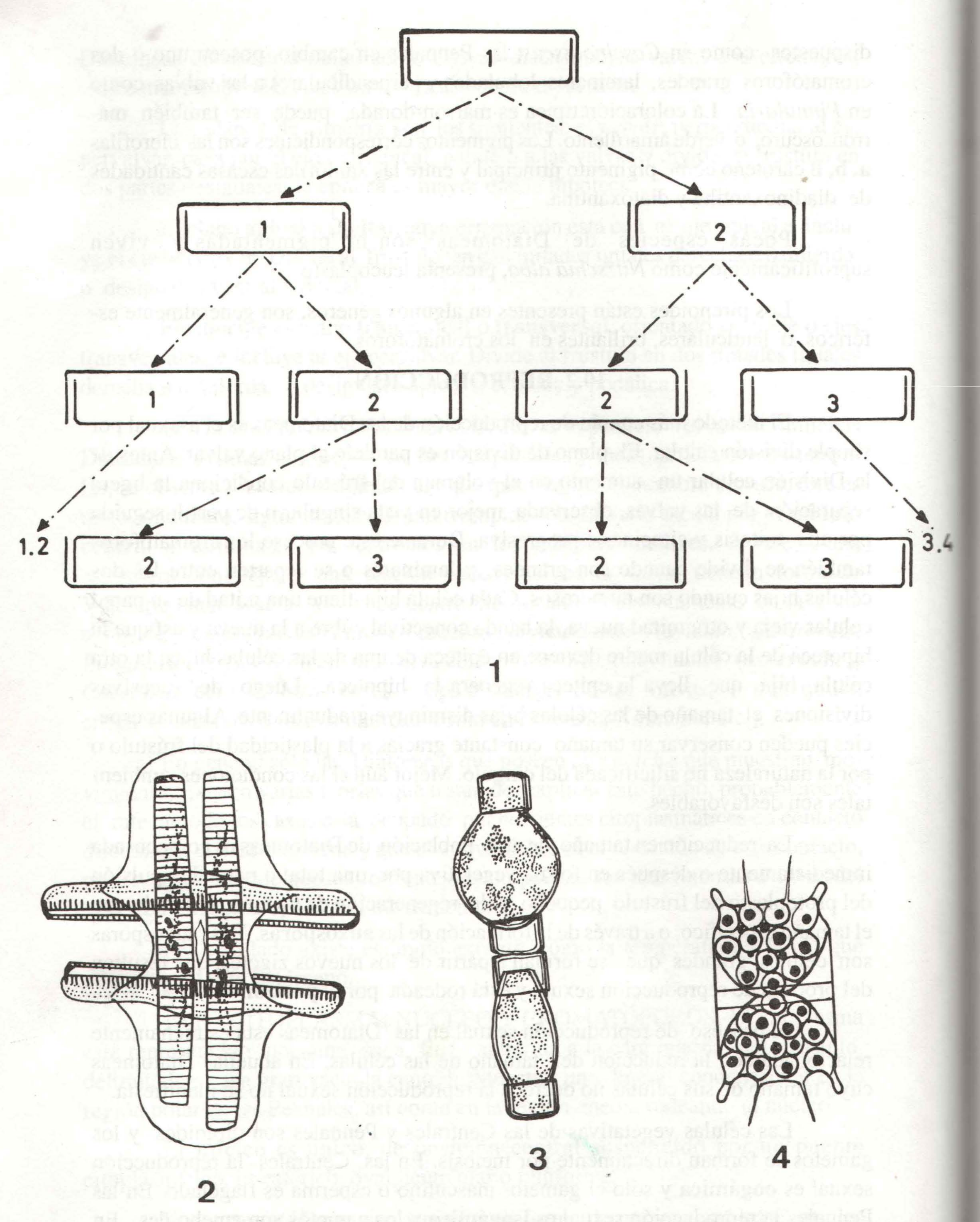


Fig.1 Esquema de la división celular de una diatomea y la disminución progresiva del tamaño de los individuos luego de varias divisiones sucesivas. **Fig.2** Formación de auxosporas en *Rhopalodia*. **Fig.3** Formación de auxosporas en *Melosira*. **Fig.4** Formación de microsporas en *Odontella*.

incrementa
dos divisio
cleos dege
por simple

Er
2 núcleos c
son amebo
es estacior
lugar de ur

Er
inmediatar
de dos mit
cuyo tama

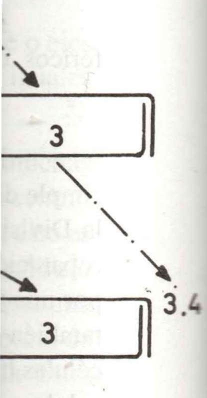
Lo
tos los má
los requeri
cionadas c
zaciones e

ES
Diatomeas
ciones des

La
dentro de l
relación c
silicificad

L
agua dulc
pantanoso

L
planctónic
vivir sobr
bientes de
de la flora
tal hábito
Gomphon
frústulos
Grammat
la superfi





amaño de los
palodia. Fig.3

incrementa su tamaño moderadamente y muestra un núcleo elongado. Luego de dos divisiones sucesivas, cada oogonio contiene un solo núcleo, los otros núcleos degeneran. El protoplasto de la célula masculina o espermatogonio da lugar por simple división a cuatro espermas uniflagelados.

En las Pennales la meiosis ocurre durante la gametogénesis, pero sólo 1 o 2 núcleos de los 4 se diferencian en gametos, los restantes degeneran. Los gametos son ameboides, morfológicamente isógamos y fisiológicamente anisógamos, uno es estacionario mientras que el otro es móvil. La fusión de los gametos tiene lugar de un mucílago abundante, el que cubre a las células copulantes.

En las Diatomeas Centrales y Pennales el zigote comienza a crecer inmediatamente después de la fusión y desarrolla en una auxospora. Luego de dos mitosis sólo un núcleo persiste como núcleo de la nueva célula vegetativa, cuyo tamaño es más grande que la especie en particular.

Los factores que determinan la auxosporogénesis son diversos,entre éstos los más importantes son la temperatura, las condiciones lumínicas, así como los requerimientos nutricionales. En los últimos años nuevas informaciones relacionadas con la reproducción sexual de la Diatomeas, se agregan a las generalizaciones expuestas, reafirmándolas o modificándolas.

ESPORAS DE REPOSO. Este tipo de esporas son frecuentes en las Diatomeas marinas centrales, bentónicas y neríticas como respuesta a las condiciones desfavorables del medio, deficiencia de fosfatos y el factor temperatura.

Las esporas de reposo se originan en número de uno, dos, o varios dentro de la célula. Es endógena o parcialmente endógena a finalmente exógena en relación con la célula en la que se forma. Son esféricas u ovoides, con la pared silicificada, ornamentada, compuesta por dos mitades y carecen de cíngulo.

10.3 HABITAT

Las Diatomeas están presentes en una variedad de ambientes. Viven en agua dulce, salobre, marina, en la nieve, en los suelos húmedos y en lugares pantanosos.

Las formas acuáticas son las más conspícuas tanto bentónicas como planctónicas en las aguas dulce, salobre, marina. Las formas bentónicas pueden vivir sobre distintos substratos: roca, arena, lodo, epífitas o epizoicas. En los ambientes de agua dulce las Diatomeas bentónicas son los elementos más importantes de la flora del fondo. Las formas epífitas muestran una variedad de estructuras para tal hábito: pedúnculos o tallos mucilaginosos, simples o ramificados,como en *Gomphonema, Licmophora* y otros; rodetes de mucílago en las esquinas de los frústulos que a su vez facilitan las formas coloniales en zigzag como en *Grammatophora*; o simplemente se adhieren al substrato vegetal a través de toda la superficie valvar como es el caso de *Cocconeis*. Entre las formas epilíticas ma-

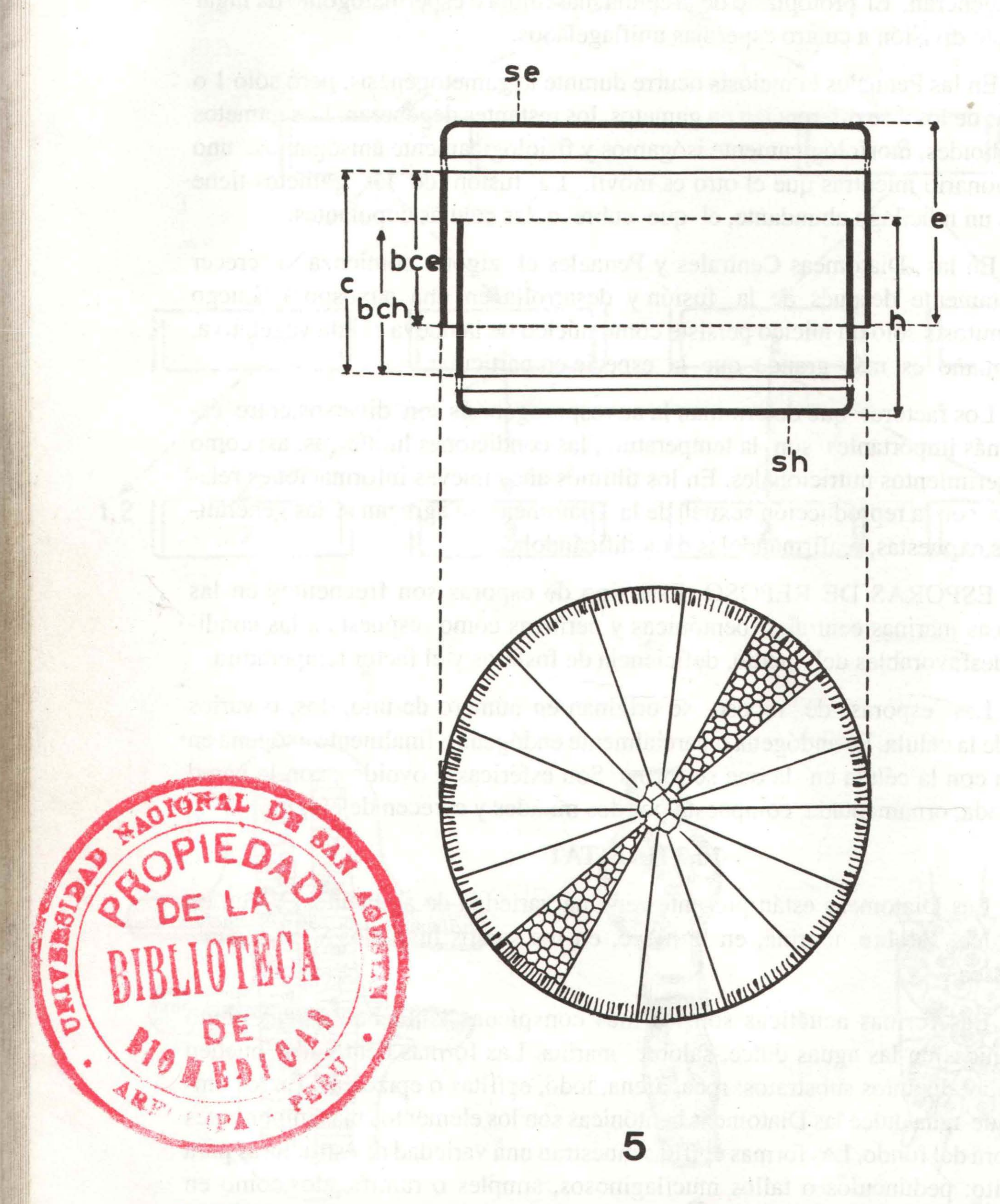


Fig.5 Representación diagramática del frústulo de una diatomea central como *Coscinodiscus*. Arriba en vista cingular: C, Cíngulo; bce, banda conectival de la epiteca; bch, banda conectival de la hipoteca; e, epiteca; h, hipoteca; se, superficie de la epiteca; b c h superficie de la hipoteca. Abajo en vista valavar y detalle de la ornamentación de la valva (adaptado de Cupp, 1943)

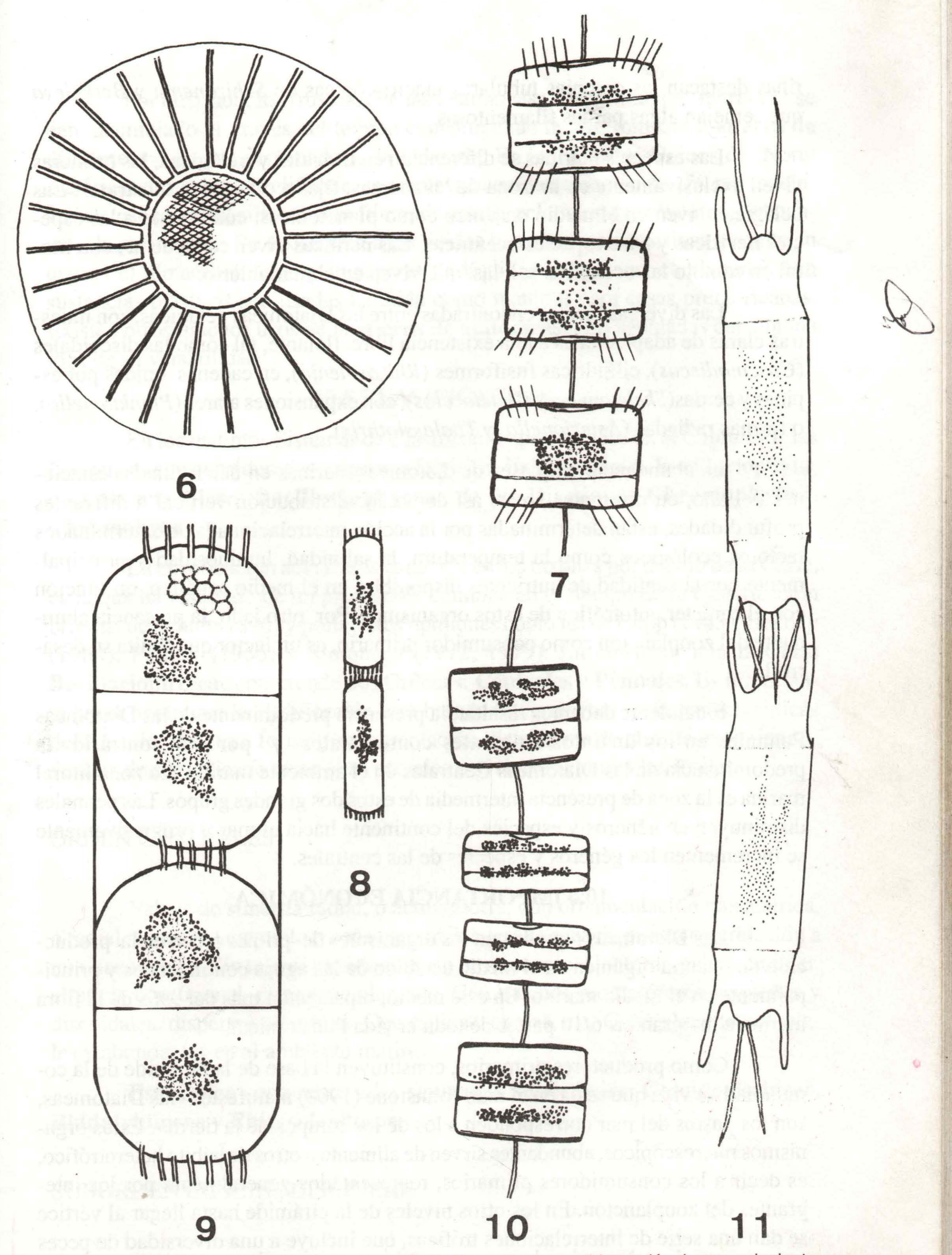


Fig.6 *Planktoniella sol* individuo en vista valvar. **Fig.7** *Thalassiosira gravida* porción de una colonia, tres individuos en vista cingular. **Fig.8** *Skeletonema costatum* dos células vegetativas. **Fig.9** *Stephanopyxis turris* dos individuos luego de la división celular. **Fig.10** *Thalassiosira rotula* una corta cadena de cuatro individuos en vista cingular. **Fig.11** *Odontella* sp. dos individuos en cadena.

rinas destacan las colonias tubulares macroscópicas de *Schizonema y Berkeleya* que semejan algas pardas filamentosas.

Las especies marinas se diferencian en **litorales** y **pelágicas**; las primeras viven exclusivamente en la zona de las mareas, fijas a diferentes substratos. Las pelágicas viven en el medio oceánico como planctónicas, comprende a las especies **neríticas** y a las especies **oceánicas**. Las neríticas viven cerca de la zona litoral en cambio las oceánicas son las que viven en el mar abierto.

Las diversas formas encontradas entre las Diatomeas pelágicas, son muestras claras de adaptaciones a una existencia libre, flotante, tal como las discoidales (*Coscinodiscus*), cilíndricas fusiformes (*Rhizosolenia*), en cadenas unidas por espinas y cerdas(*Skeletonema y Chaetoceros*), con expansiones alares (*Planktoniella*), o formas radiadas (*Asterionella y Thalassiothrix*).

La abundancia o escasez de diatomeas marinas en determinadas estaciones del año, en diferentes áreas, así como su distribución vertical a diferentes profundidades, están determinadas por la acción interrelacionada de determinados factores ecológicos como la temperatura, la salinidad, luminosidad y principalmente por la cantidad de nutrientes disponibles en el medio acuático, en función con el carácter autotrófico de estos organismos. Por otro lado, la presencia abundante del zooplancton como consumidor primario, es un factor que limita su desarrollo.

Finalmente debemos resaltar, la presencia predominante de las Diatomeas Pennales en los distintos ambientes continentales y por el contrario la predominancia de las Diatomeas Centrales en el ambiente marino. La zona litoral marina es la zona de presencia intermedia de estos dos grandes grupos. Las pennales disminuyen en géneros y especies del continente hacia el mar y progresivamente se incrementen los géneros y especies de las centrales.

10.4 IMPORTANCIA ECONÓMICA

Las Diatomeas representan los organismos de primer orden en la producción de materia orgánica en el medio acuático de las aguas continentales y principalmente en el medio marino. En este medio, representan más del 99% de la flora marina e integran las 6/10 partes de toda la vida Planctónica.

Como productores primarios, constituyen la base de la pirámide de la comunidad de vida que se da en el mar. Johnstone (1908) manifestó: «las Diatomeas, son los pastos del mar corresponden a los de los campos de la tierra». Estos organismos microscópicos, abundantes sirven de alimento a otros de hábito heterotrófico, es decir a los consumidores primarios, representados generalmente por los integrantes del zooplancton. En los otros niveles de la pirámide hasta llegar al vértice se dan una serie de interrelaciones tróficas, que incluye a una diversidad de peces y otros animales, que no podrían existir sin los productores primarios.

Por otro lado, los frústulos de las Diatomeas principalmente marinas, se han acumulado a través del tiempo constituyendo la **«diatomita»** o **«tierra de diatomeas»**, es muy estimada en la industria. En los Estados Unidos de Norte América, en Lompoc, California, se emplean anualmente, cerca de 250 mil toneladas de este material silíceo, para filtros de aceite, aclarador de solventes y sustancias de pulimento. Su resistencia a los ácidos y sustancias corrosivas permite su uso en el almacenamiento y transporte de líquidos peligrosos; combinados con sustancias plásticas son usadas también como material para casas prefabricadas. Existen otros muchos usos de la **«tierra de diatomeas»**, las señaladas dan alguna idea de su versatilidad.

10.5 CLASIFICACIÓN

En los distintos Sistemas de Clasificación presentados en el Capítulo 1, las Diatomeas son consideradas como una División independiente: **Bacillariophyta**, o como una Clase: **Bacillariophyceae** de las Divisiones **Chromophyta** o **Chrysophyta**.

La clasificación actual más aceptada en los taxones por debajo de la Clase, es la que ha resultado de un proceso de cambios en el tiempo de la Clasificación original de Schutt (1896) y posteriores opiniones como las de Cupp (1943), Hendey (1964), Patrick (1966) y Simonsen (1972, 1979). En consecuencia la Clase **Bacillariophyceae** comprende dos Ordenes: **Centrales** y **Pennales**. Es importante hacer notar, que la clasificación está basada íntegramente en las características del frústulo: simetría, forma y ornamentación. Esta forma de clasificación tiene la ventaja de ser aplicado tanto a las actuales o vivientes como a las fósiles.

ORDEN CENTRALES

Valvas de simetría radial, o actinomorfa, con ornamentación concéntrica, o radial respecto a un punto o zona central, o lateral; única dispuesta con relación a una línea media. Sin rafe ni pseudorafe; sin movimiento. Contorno valvar circular, elíptico, o poligonal, raramente alargado. Con muchos cromatóforos pequeños y discoidales, dispersos sin orden. Con espinas, cerdas, etc. Generalmente coloniales y abundantes en el ambiente marino.

Este Orden comprende a los siguientes **Subórdenes: Coscinodiscineae, Biddulphiineae** y **Rhizosoleniineae.**

SUBORDEN COSCINODISCINEAE

Diatomeas solitarias o coloniales, con la valva discoidal, plana o convexa, con ornamentación dispuesta con respecto a un punto o zona central; sin bandas

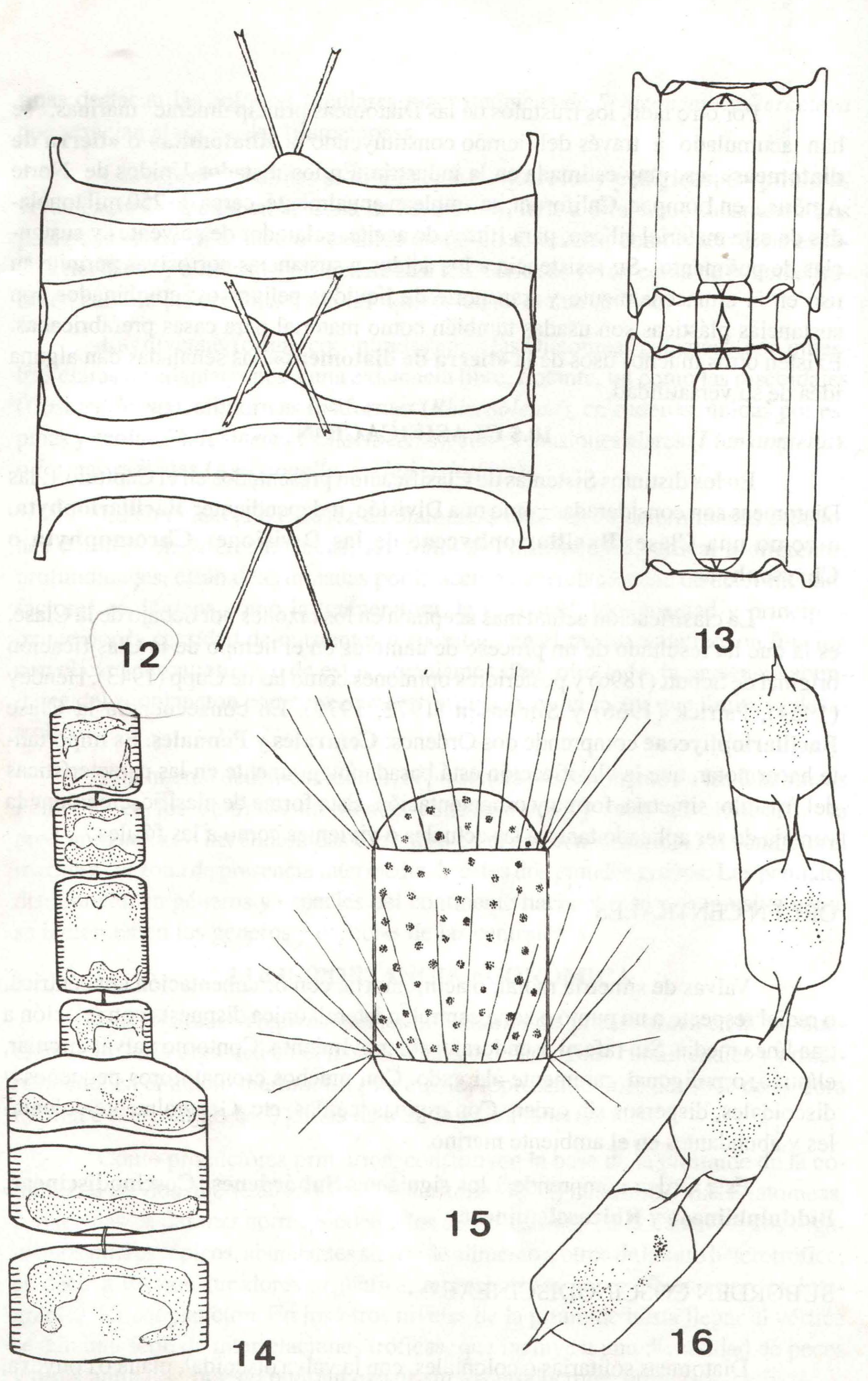
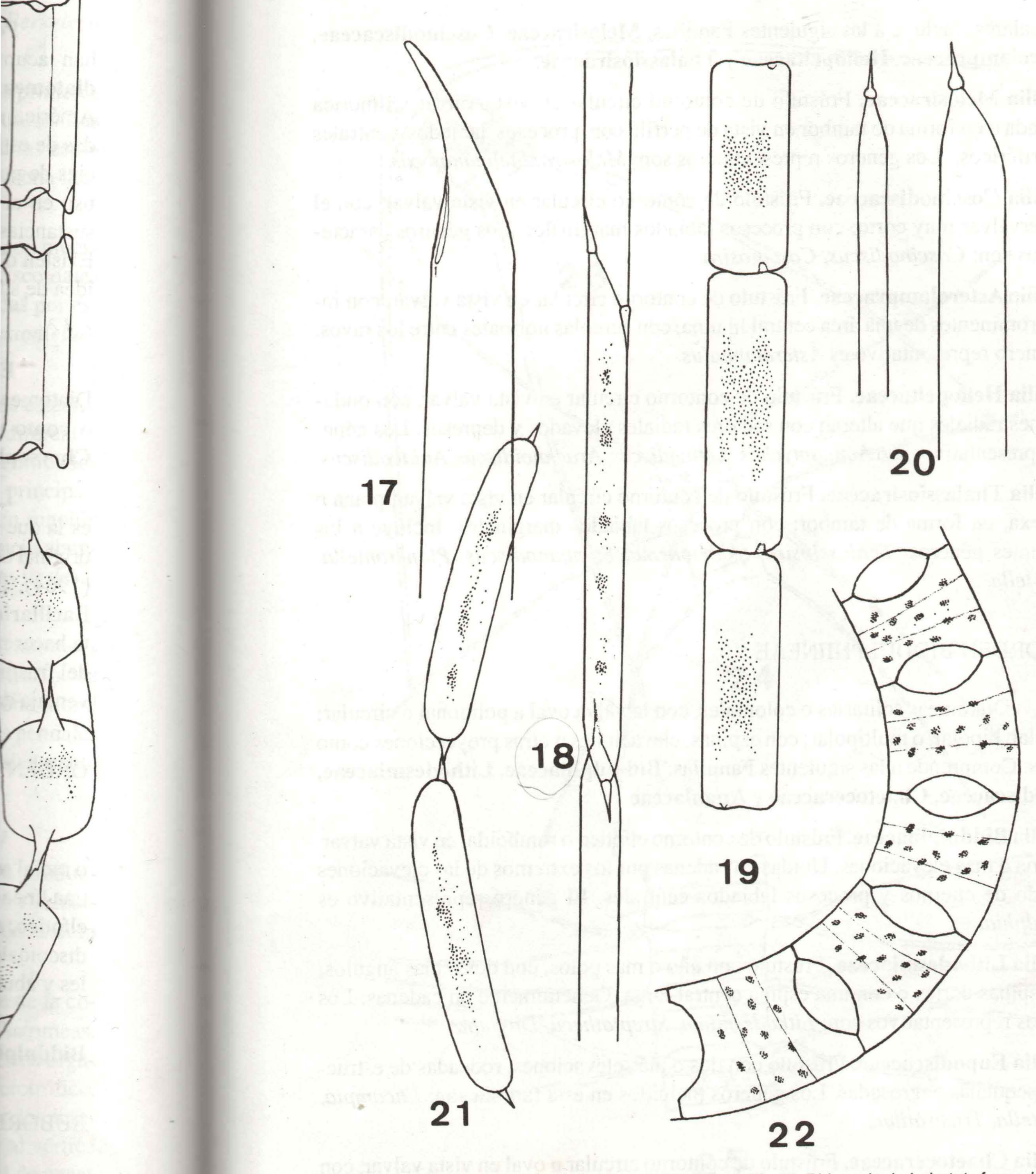


Fig.12 *Odontella longicruçis* cadena de dos individuos en vista cingular. **Fig.13** *Lithodesmium undulatum* dos individuos vistos en diferentes planos. **Fig.14** *Schröderella delicatula* cadena con células vegetativas normales y con dos auxosporas. **Fig.15** *Corethron hystrix* un individuo con largas setas en sus extremos. **Fig.16** *Hemiaulus sinensis* cadena de dos individuos en división celular en vista lateral.



um undulatum
as vegetativas
sus extremos.

Fig.17 *Rhizosolenia alata* extremo distal de un individuo. **Fig.18** *Rhizosolenia hebetata* f. *semiespina* cadena de tres individuos. **Fig.19** *Rhizosolenia delicatum* cadena de tres individuos. **Fig.20** *Rhizosolenia styliformis* parte distal de dos individuos. **Fig.21** *Rhizosolenia fragilissima* cadena de dos individuos. **Fig.22** *Eucampia zodiacus* cadena de cinco individuos en vista cingular.

intercalares. Incluye a las siguientes Familias: **Melosiraceae**, **Coscinodiscaceae**, **Asterolampraceae**, **Heliopeltaceae** y **Thalassiosiraceae**.

Familia Melosiraceae. Frústulo de contorno circular en vista valvar; cilíndrica alargada o en forma de tambor en vista de perfil; con procesos labiados centrales o periféricos. Los géneros representativos son: *Melosira, Stephanopyxis.*

Familia Coscinodiscaceae. Frústulo de contorno circular en vista valvar, con el eje pervalvar muy corto; con procesos labiados marginales. Los géneros característicos son: *Coscinodiscus, Coscinosira.*

Familia Asterolampraceae. Frústulo de contorno circular en vista valvar, con rayos prominentes de una área central hialina, con aereolas normales entre los rayos. El género representativo es *Asteromphalus.*

Familia Heliopeltaceae. Frústulo de contorno circular en vista valvar, con ondulaciones radiales que alteran con sectores radiales elevados y depresos. Los géneros representativos son *Actinoptychus, Actinodiscus, Arachnoidiscus, Aulacodiscus.*

Familia Thalassiosiraceae. Frústulo de contorno circular en vista valvar, plana o convexa, en forma de tambor; con procesos labiados marginales. Incluye a los siguientes géneros: *Thalassiosira, Skeletonema, Stephanodiscus, Planktoniella, Cyclotella.*

SUBORDEN BIDDULPHIINEAE

Diatomeas solitarias o coloniales, con la valva oval a poligonal o circular; unipolar, bipolar, o multipolar; con espinas, elevaciones u otras proyecciones como cerdas. Comprende a las siguientes Familias: **Biddulphiaceae**, **Lithodesmiaceae**, **Eupodiscaceae**, **Chaetoceraceae** y **Anaulaceae**.

Familia Biddulphiaceae. Frústulo de contorno elíptico o romboidal en vista valvar, con una o más elevaciones. Unidas en cadenas por los extremos de las elevaciones a modo de cuernos y procesos labiados centrales. El género representativo es *Biddulphia.*

Familia Lithodesmiaceae. Frústulo con uno o más polos, con dos o más ángulos; con espinas cortas o con una espina central larga. Generalmente en cadenas. Los géneros representativos son: *Lithodesmium, Streptotheca, Ditylum.*

Familia Eupodiscaceae. Frústulo con dos o más elevaciones, rodeadas de estructuras pequeñas engrosadas. Los géneros incluidos en esta familia son: *Eucampia, Odontella, Triceratium.*

Familia Chaetoceraceae. Frústulo de contorno circular u oval en vista valvar, con cerdas largas marginales que unidas por sus bases contribuyen a la formación de cadenas de células. Los géneros representativos son: *Chaetoceros* y *Bacteriastrum.*

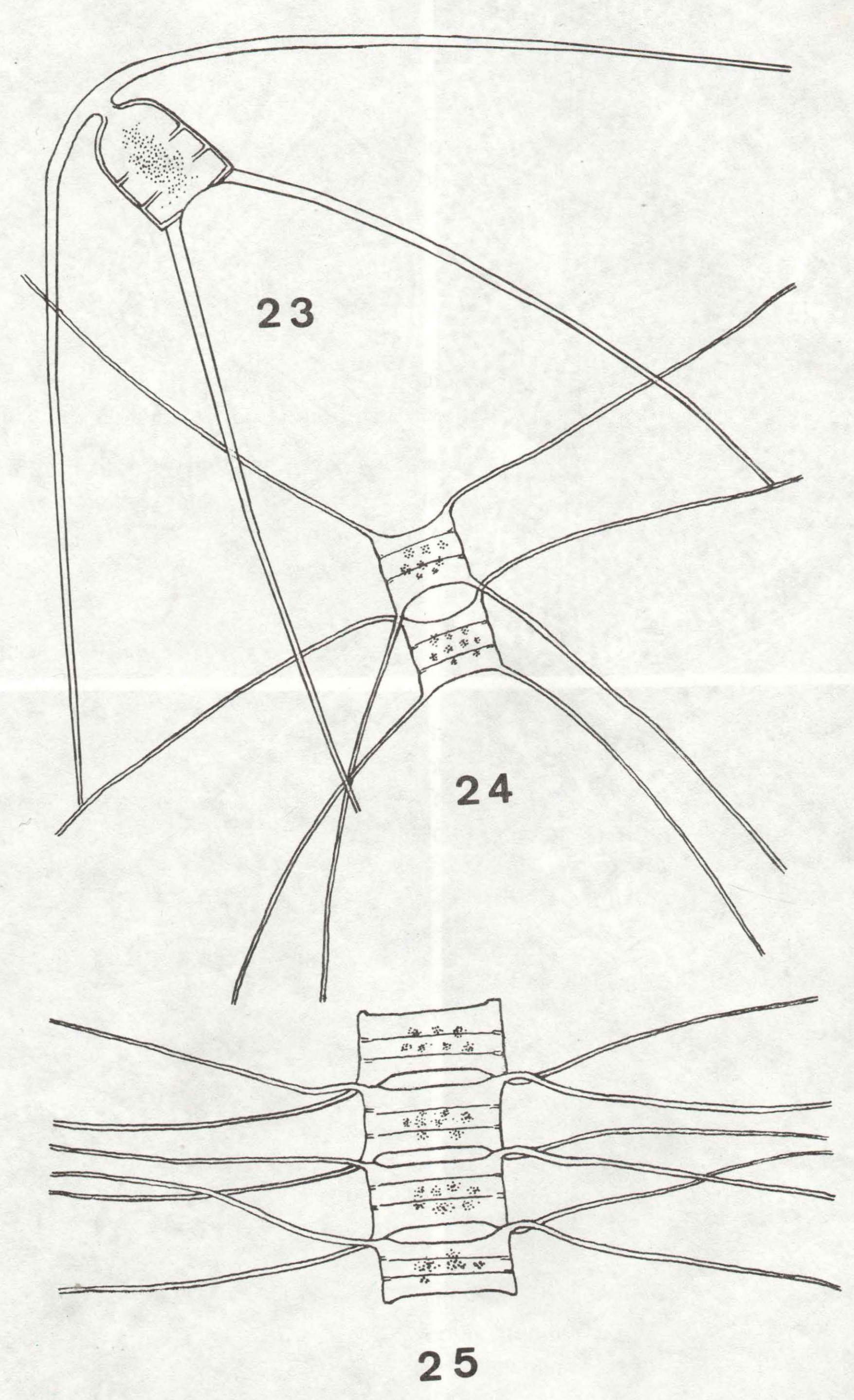


Fig.23 *Chaetoceros peruvianus* detalle de un individuo. **Fig.24** *Chaetoceros lorenzianus* cadena de dos individuos. **Fig.25** *Chaetoceros decipiens* cadena de cuatro individuos.

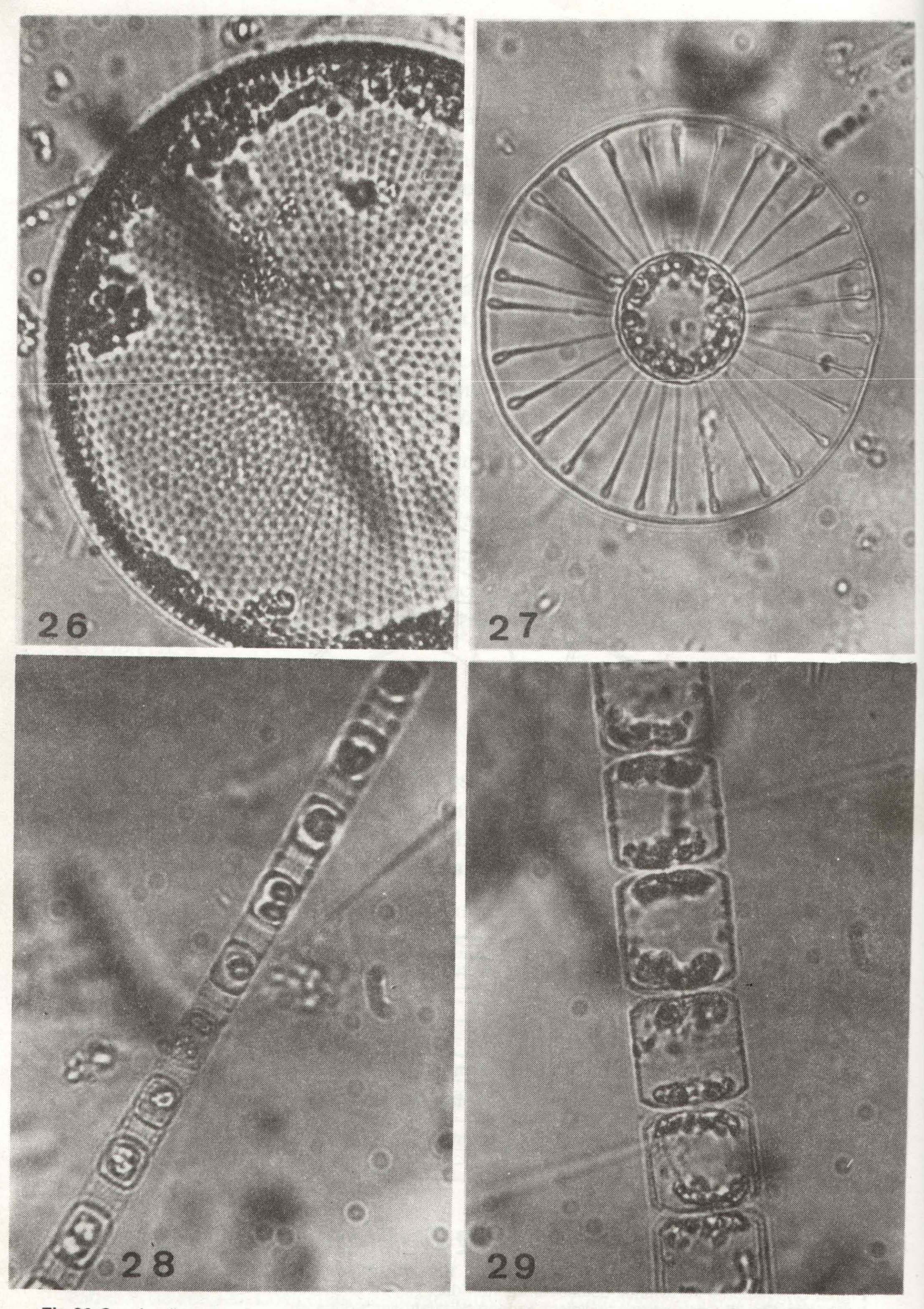


Fig.26 *Coscinodiscus perforatus* vista valvar de un individuo. **Fig.27** *Planktoniella sol* un individuo en vista valvar. **Fig.28** *Skeletonema costatum* una cadena de varias células. **Fig.29** *Schröderella delicatula* cadena de células vegetativas.

Familia Anaulaceae. Frústulo compreso, de simetría bilateral en vista valvar, o asimétrica. Semeja mucho a las pennales, pero la disposición radial de las ornamentaciones alrededor de un punto central, la ausencia de rafe y pseudorafe, así como la ausencia y reducción de los procesos polares en las valvas y la septacióninterna nos confirma su inclusión en el Orden Centrales. El género representativo es *Terpsinoe*.

SUBORDEN RHIZOSOLENIINEAE.

Diatomeas solitarias o coloniales, con el frústulo cilíndrico, largo, con bandas intercalares. La familia representativa es **Rhizosoleniaceae**.

Familia Rhizosoleniaceae. Frústulo cilíndrico o subcilíndrico; oval en vista valvar, con ornamentación excéntrica, con bandas intercalares, con procesos cortos o con espinas. Solitarias o en cadenas. Incluye a los géneros *Rhizosolenia, Lauderia, Corethron, Schröderella, Dactyliosolen.*

ORDEN PENNALES

Valvas de simetría bilateral, o asimétricas con ornamentación en relación a una línea o zona media, nunca concéntrica, o radial con respecto a un punto o zona central. Con rafe, o pseudorafe; con movimiento. Contorno valvar naviculiforme, en ciertos casos ovalado, cuneado en forma creciente, o sigmoideo. Con uno o dos cromatóforos, grandes, laminares y perpendiculares a las valvas. Sin espinas, cerdas, etc. Generalmente solitarios y abundantes en los ambientes acuáticos continentales.

Este Orden comprende a los siguientes Subórdenes: **Araphidineae, Rhaphidioidineae, Monoraphidineae** y **Biraphidineae.**

SUBORDEN ARAPHIDINEAE.

Diatomeas solitarias o coloniales, sin rafe ni pseudorafe, es decir con un área hialina en la zona axial de la valva. La familia representativa es: **Fragilariaceae (=Tabellariaceae).**

Familia Fragilariaceae. Frústulo de contorno redondeado o lineal, tubular o rectangular vista por el cíngulo, con o sin septas rudimentarias. Solitarias o coloniales sésiles, unidas en bandas continuas o zigzagueantes. Habitan en agua dulce o marina. Los géneros importantes son: *Fragilaria, Plagiograma, Diatoma, Asterionella, Rhabdonema, Climacosphenia, Grammatophora, Licmophora, Striatella, Thalassionema, Synedra, Subsilicea, Tabellaria.*

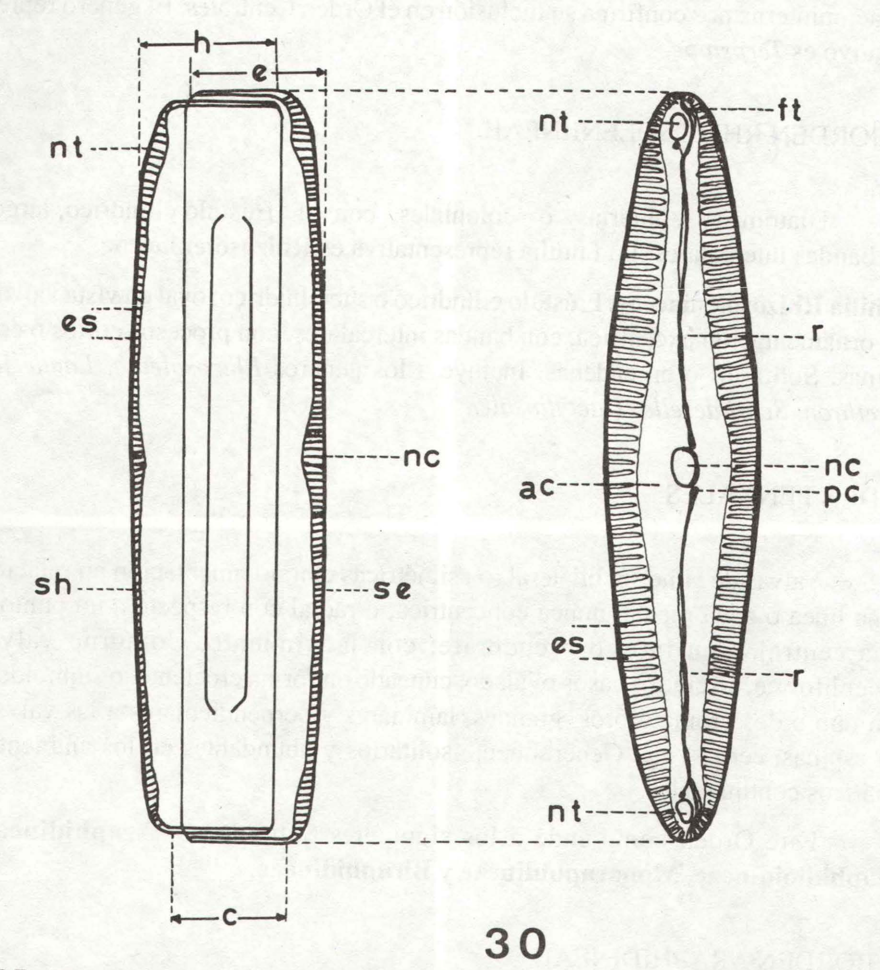


Fig.30 Representación diagramática del frústulo de una diatomea pennal naviculiforme. Lado izquierdo en vista cingular y lado derecho en vista valvar: e, epiteca; h, hipoteca; c, cíngulo; se, superficie de la epiteca; sh, superficie de la hipoteca; nc, nódulo central; nt, nódulo terminal; es, estrías; r, rafe; pc, poro central (adaptado de Cupp,1943).

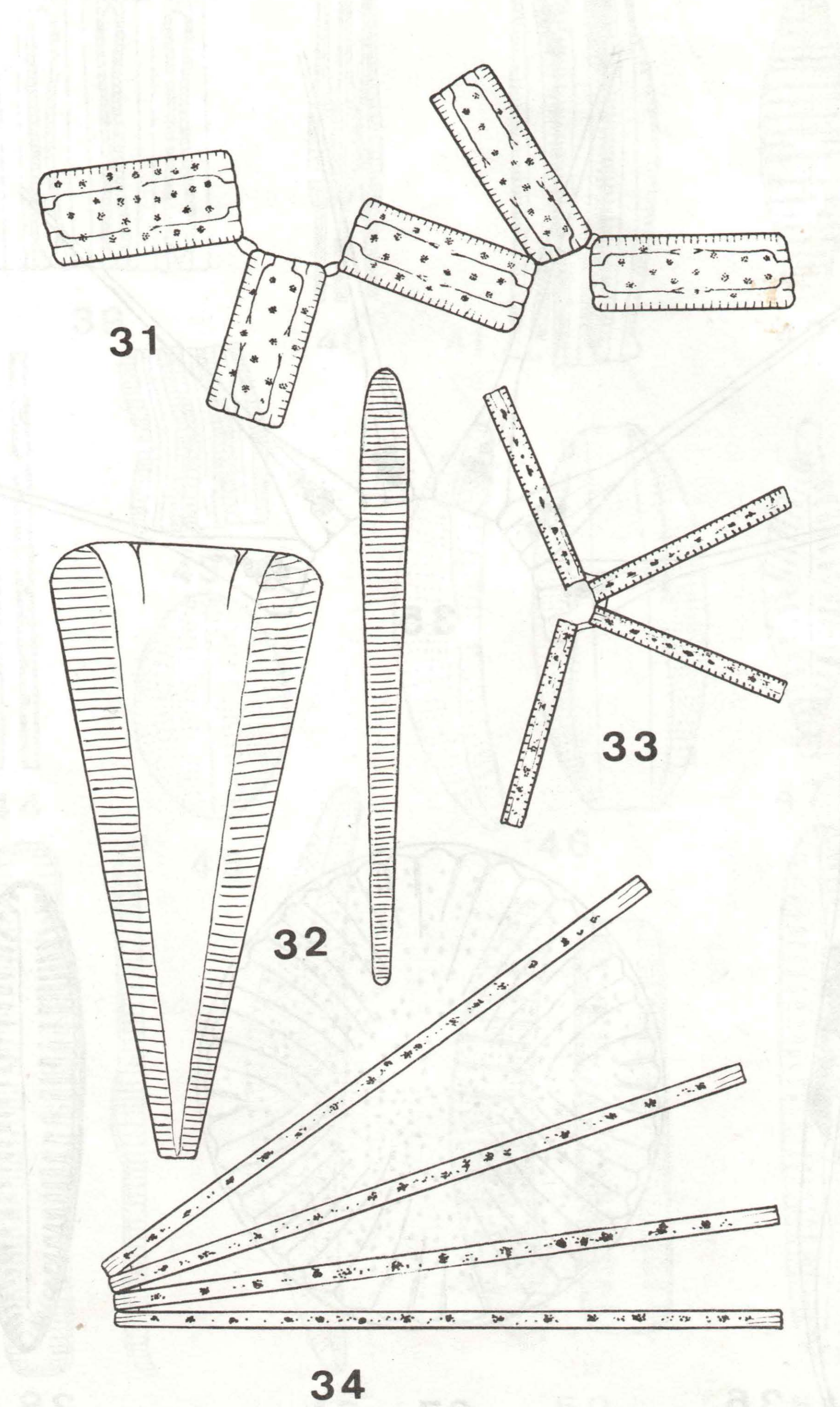


Fig.31 *Grammatophora marina* cadena de varios individuos unidos por sus ángulos. **Fig.32** *Licmophora abbreviata* dos individuos en vista cingular y valvar respectivamente. **Fig.33** *Thalassionema nitzschioides* cuatro individuos unidos por rodetes de mucílago en uno de sus extremos. *Thalassiotrix frauenfeldii cuatro* individuos unidos por uno de sus extremos.

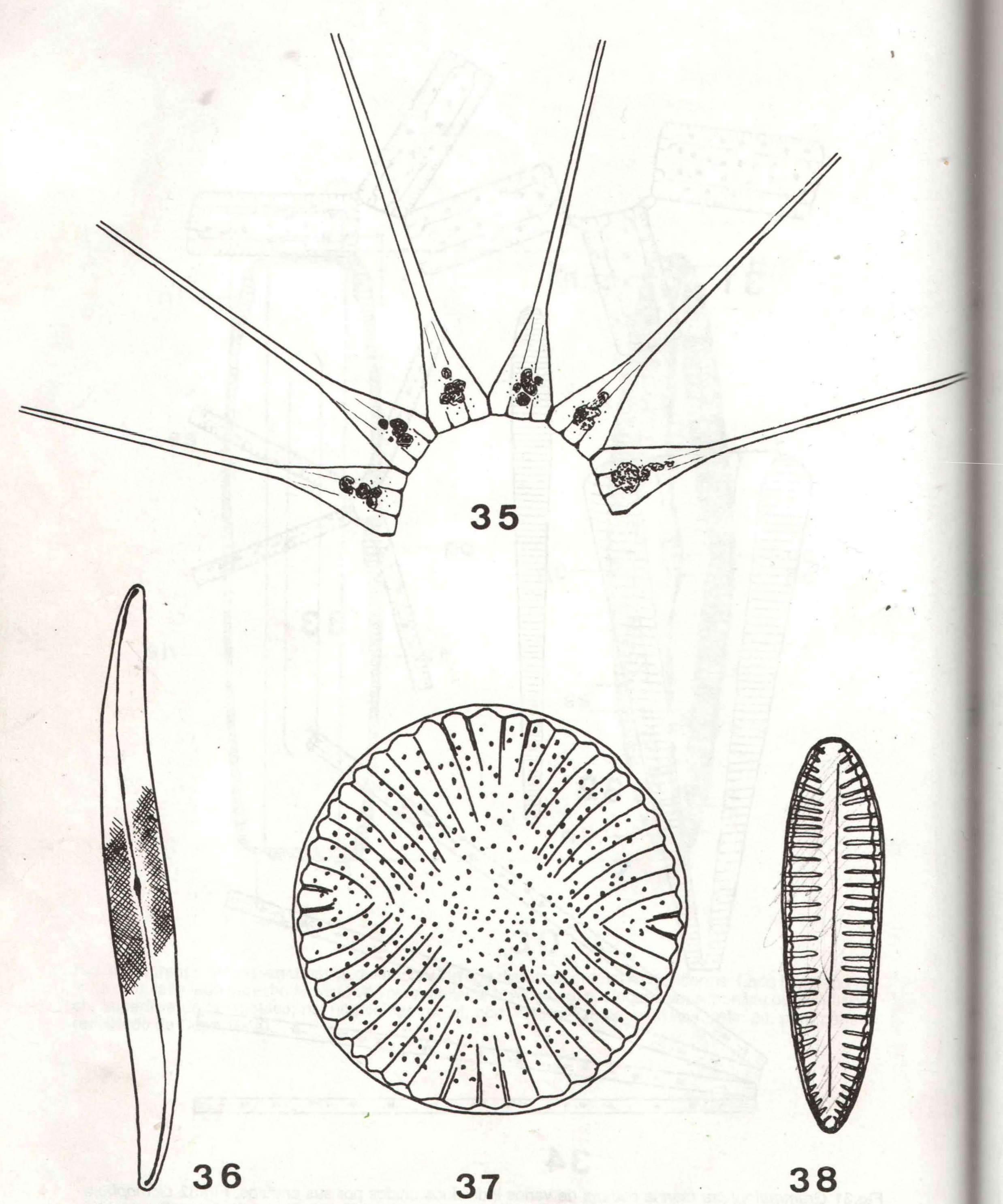


Fig.35 *Asterionella japonica* seis individuos,unidos en disposición radiada. **Fig.36** *Gyrosigma spencerii* vista valvar. Intercalar. **Fig.37** *Campylodiscus hibernicus* vista valvar. **Fig.38** *Surirella splendida* vista valvar.

44

Fig.39 *Plagic*
dena de tres
vista valvar.
respectivame
respectivame
valvar respe
cingular resp

38

ma spencerii
a vista valvar.

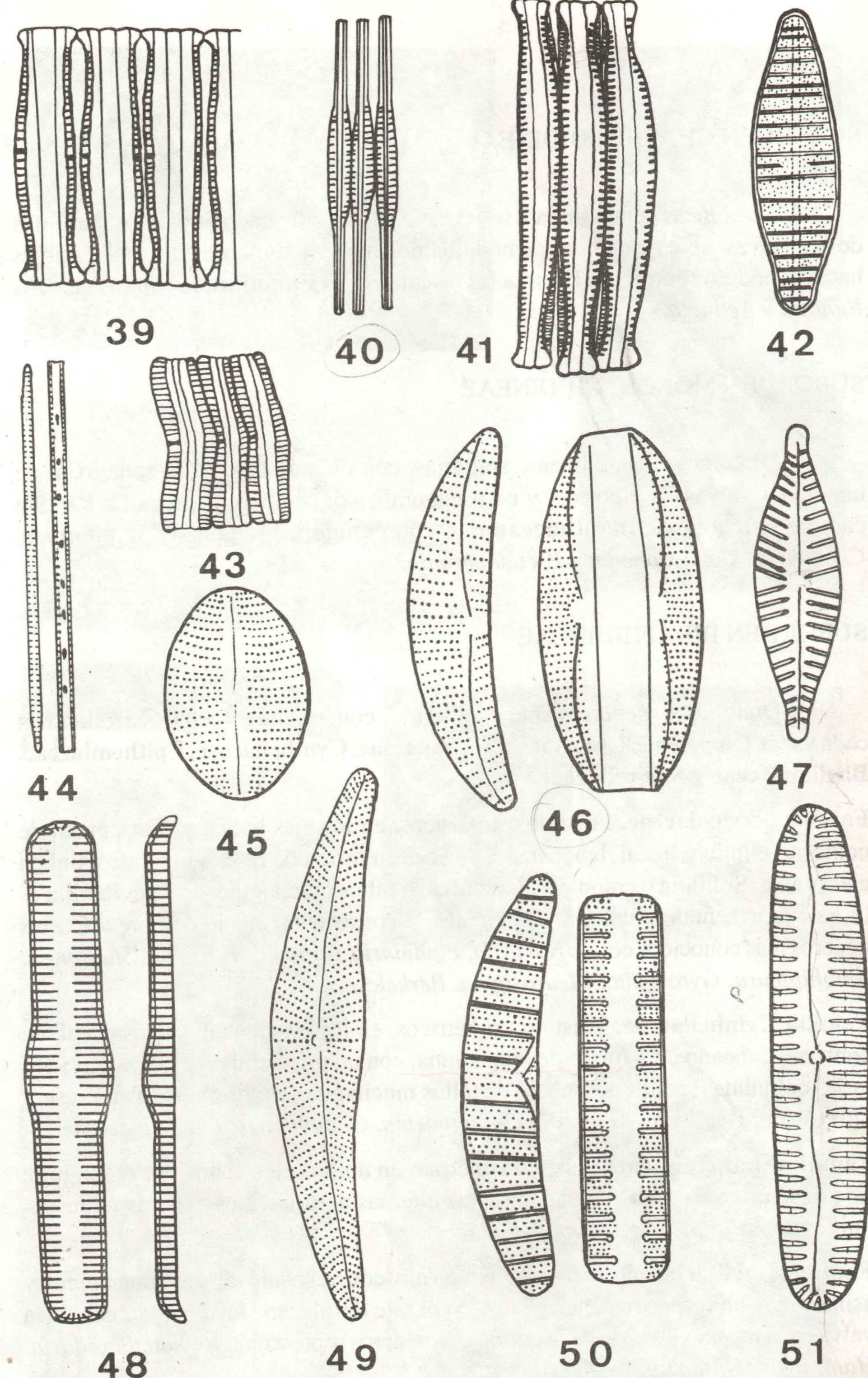


Fig.39 *Plagiogramma vanheurkii* cadena de individuos en vista cingular. **Fig.40** *Fragilaria crotonensis* cadena de tres individuos. **Fig.41** *Campylosira cymbelliformis* parte de una colonia. **Fig.42** *Diatoma vulgare* vista valvar. **Fig.43** *Achnanthes longipes* parte de una colonia. **Fig.44** *Synedra ulna* vista valvar y cingular respectivamente. **Fig.45** *Cocconeis sp.* vista por la hipoteca. **Fig.46** *Amphora ovalis* vistas valvar y cingular respectivamente. **Fig.47** *Navicula rhynchocephala* vista valvar. **Fig.48** *Rhopalodia gibba* vistas cingular y valvar respectivamente. **Fig.49** *Cymbella lanceolata* vista valvar. **Fig.50** *Epithemia zebra* vistas valvar y cingular respectivamente. **Fig.51** *Pinnularia viridis* vista valvar.

SUBORDEN RHAPHIDIOIDINEAE

Diatomeas generalmente solitarias, con los rafes reducidos a los extremos de las valvas; se originan en los nódulos polares y se tornan menos perceptibles hacia el nódulo central. La Familia representativa es **Eunotiaceae** con los géneros *Eunotia y Actinella.*

SUBORDEN MONORAPHIDINEAE

Diatomeas generalmente solitarias, con un solo rafe en la zona axial de una de las valvas -la hipoteca- y un pseudorafe axial en la otra valva. La Familia característica es **Achnanthaceae** que comprende a los género *Achnanthes, Cocconeis, Rhoicosphenia y Pseudoperonia.*

SUBORDEN BIRAPHIDINEAE

Diatomeas generalmente solitarias, con un rafe bien desarrollado en cada valva. Comprende las Familias **Naviculaceae**, **Cymbellaceae**, **Epithemiaceae**, **Bacillariaceae** y **Surirellaceae**.

Familia Naviculaceae. Frústulos simétricos, en los ejes apical y transapical; de contorno elíptico, lineal, lanceolado, a veces en forma de S; con una rafe axial en cada valva. Solitaria o coloniales incluidas en tubos mucilaginosos. Esta familia es la más representativa del Orden Pennales y consecuentemente comprende a los géneros más conocidos como: *Navicula, Pinnularia, Caloneis, Frustulia, Stauroneis, Amphipleura, Gyrosigma, Pleurosigma, Berkeleya.*

Familia Cymbellaceae. Frústulo asimétricos, en los ejes apical y transapical; de contorno cuneado o en forma de media luna; con un rafe axial en cada valva. Solitarias coloniales sésiles por medio de tallos mucilaginosos. Los géneros representativos son: *Cymbella, Amphora, Gonphonema, Gomphoneis, Phaeodactylum.*

Familia Epithemiaceae. Frústulo simétrico en ambos ejes vistos por el cíngulo; rafe excéntrico en cada valva; con septas internas notorias. Los géneros representativos son: *Epithemia y Rhopalodia.*

Familia Bacillariaceae. Frústulo simétrico con respecto al eje transapical y asimétrico con respecto al eje apical; con el rafe desplazado hacia el margen de la valva en la misma posición de la quilla. Los géneros representativos son: *Bacillaria, Hantzschia, Nitzschia, Cylindrotheca.*

Fig.52 *Terpsinöe americana* cadena de individuos unidos por sus aristas. **Fig.53** *Synedra ulna* dos individuos en vista cingular. **Fig.54** *Rhopalodia gibba* vista cingular. **Fig.55** *Pinnularia viridis* vista cingular. **Fig.56** *Epithemia zebra* vista valvar. **Fig.57** *Cyclotella meneghiniana* vista valvar. **Fig.58** *Fragilaria virescens* células de una colonia en vista cingular. **Fig.59** *Campylodiscus hibernicus* vista valvar.

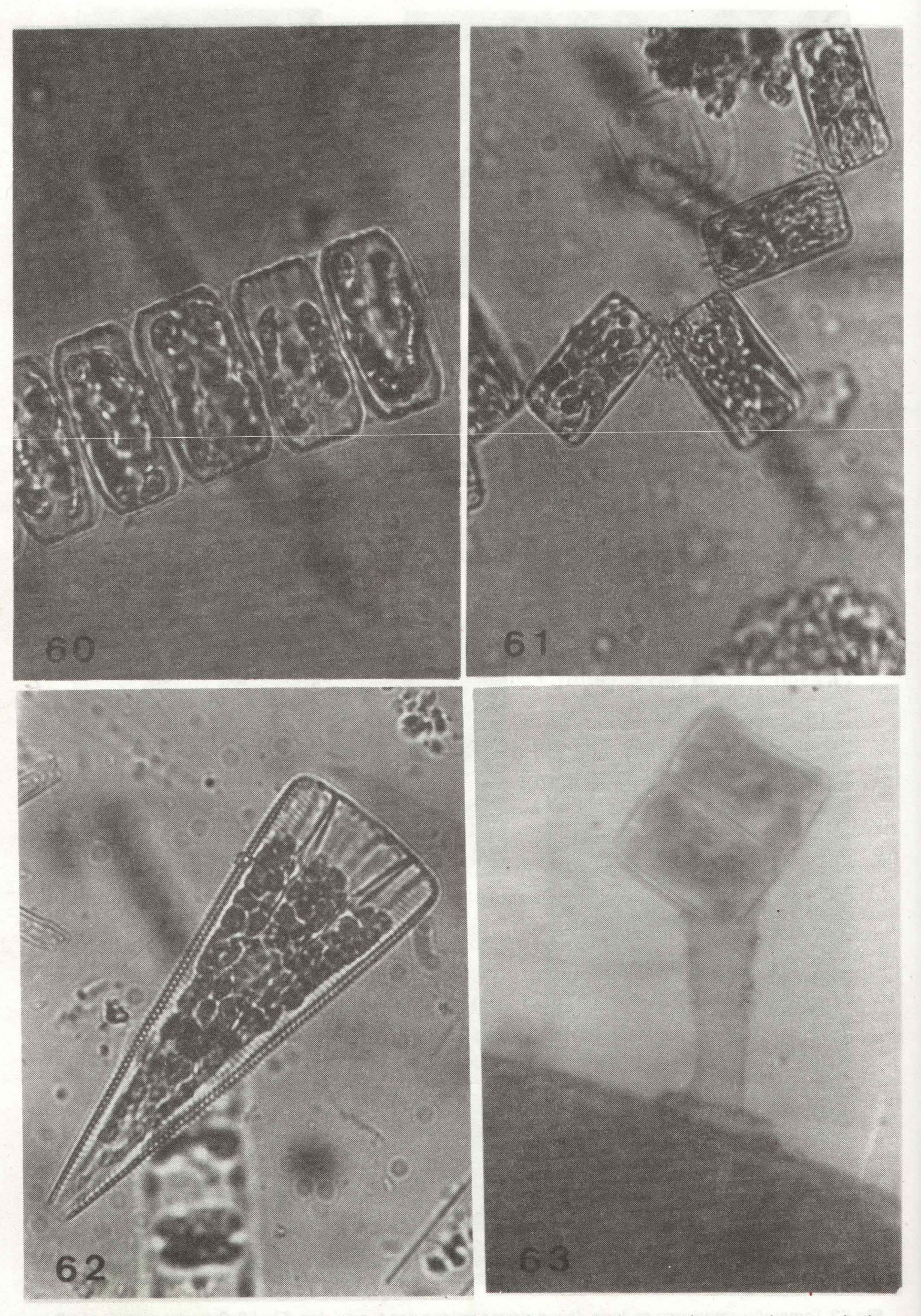


Fig.60 *Schröderella delicatula* parte de una colonia. **Fig.61** *Grammatophora marina* parte de una colonia. **Fig.62** *Licmophora abbreviata* un individuo en vista cingular. **Fig.63** *Achnanthes sp.* dos individuos en vista cingular, en el extremo distal de un tallo o pedúnculo mucilaginosos epífito.

Familia Surirellaceae. Frústulo de contorno elíptico, raramente lineal; la superficie valvar plana u ondulada, ornamentada con estrías transversales a radiales con respecto a una zona central; con el rafe situado en una quilla marginal saliente. Esta familia incluye cuatro géneros que habitan en ambientes de agua dulce: *Surirella, Campylodiscus, Cymatopleura y Stenopterobia.*

11

DIVISIÓN PYRRHOPHYTA

Integran esta División organismos predominantemente unicelulares móviles, conocidos comúnmente como **«dinoflagelados»** que tienen características particulares muy concretos.

Muchas de sus especies son de color verde amarillento o pardo amarillento; otras son incoloras. Los cromatóforos llevan como pigmentos: clorofilas, caroteno y xantófilas. Sintetizan como producto de reserva almidón y gotas de aceite.

La locomoción se realiza por medio de 2 flagelos desiguales y heterodinámicos localizados en surcos o depresiones correspondientes.

Las células tienen un núcleo característico: grande y notorio, con los cromosomas visibles aún en la interfase, La reproducción más común es la asexual; la sexual es menos frecuente.

Los dinoflagelados habitan en todos los ecosistemas acuáticos, principalmente como formas planctónicas.

11.1 ORGANIZACIÓN CELULAR

Los dinoflagelados son en su mayoría formas unicelulares biflageladas, típicas como *Peridinium y Ceratium.* La forma de las células varía de esférica a alargada, achatada anteroposteriormente, con una ligera torsión, más amplia en la región ecuatorial y lleva en algunos casos cuernos anteriores yposteriores. Además de las formas móviles típicas, existen otras: coloniales móviles como

Polykrikos, cocoides no móviles como *Pyrocystis*, ameboides como *Dinamoebidium*, palmeloides como *Urococcus* y formas filamentosas uniseriadas y ramificadas como *Dinothrix y Dinoclonium.*

En las formas móviles los flagelos se originan lateralmente en el lado ventral. El flagelo posterior o longitudinal es **acronemático**, se sitúa en el **sulcus** o surco longitudinal, que es paralelo al eje de locomoción: este flagelo se orienta hacia atrás de la célula y la empuja hacia adelante; el flagelo transversal se sitúa en el **cíngulo** o surco transversal que circunda la zona media ecuatorial, este flagelo tiene la forma de una cinta y origina la rotación de la célula contribuyendo al movimiento de avance. Ambos flagelos tienen 9+2 **microtúbulos**, el flagelo acintado lleva los microtúbulos en el margen externo engrosado y ondulado, mientras que el borde interno es delgado y tenso, próximo a la base del cíngulo.

11.1.1 PARED CELULAR. Las formas más simples de los **dinoflagelados** como las **Gymnodiniales**, tiene un protoplasto desnudo, pero muchos otros presentan una cubierta celular definida llamada **teca o amfiesma** constituida por varias capas de naturaleza celulósica. La teca tiene una estructuración definida en los diferentes grupos de **dinoflagelados**, pues está constituida por **placas** cuyo número y disposición son de valor taxonómico aún nivel de géneros como el caso de *Protoperidinium, Prorocentrum, Pyrophacus y Heterocapsa.*

En las **Prorocentrales** como *Prorocentrum*, las **tecas** son 2 grandes, laterales, comprimidas, con diversas ornamentaciones: espinas, retículos y perforaciones; adicionalmente con una placa apical pequeña. El único surco presente es este grupo es el longitudinal, denominándose las tecas derecha e izquierda.

En los Dinoflagelados tecados con surco transversal o cíngulo la teca está dividida en **epiteca** e **hipoteca** similar al **epicono** e **hipocono** de los dinoflagelados no tecados como *Gymnodinium.*

En las **Dinophysiales** como *Dinophysis y Ornithocercus*, la hipoteca es más grande que la epiteca, los bordes del cíngulo se expanden a manera de doble collar, amplio y delicado, del mismo modo la hipoteca lleva diversas estructuras como espinas y expansiones entre ellas, que en conjunto favorecen una mejor flotación del individuo.

En las **Peridiniales** como *Peridinium y Ceratium* considerados como los dinoflagelados típicos, el cíngulo o surco transversal es de posición ecuatorial, en consecuencia la epiteca y la hipoteca tienen similar volumen.

La epiteca lleva las placas dispuestas en 2 series constantes y denominadas placas apicales y placas precingulares; de igual manera la hipoteca tiene 2 series de placas denominadas placas postcingulares y antiapicales (ver fórmula de tabulación en Orden **Peridiniales**).

El cíngulo así como el sulcus tienen también placas de un número y dispo-

sición definidos. Las placas se unen entre sí por medio de las **suturas**, que en la mayoría de los casos están representadas por engrosamientos simples de los bordes de las placas o constituyen estructuras más complejas. Como en algunas especies de *Peridinium*.

El uso del microscopio electrónico de barrido nos ha permitido conocer con precisión los detalles admirables de las tecas de los dinoflagelados.

11.1.2 CITOPLASMA. Consiste de una región externa, densa, más o menos granular, aquí se ubican los cromatóforos discoidales, bacilares o estrellados que contienen a las clorofilas **a** y **c, ß** caroteno y varias xantófilas como peridinina, neoperidinina, dinoxantina y neodinoxantina. Estos pigmentos no son uniformes como en los otros grupos de las algas, la proporción de los pigmentos carotenoides es notoria. Probablemente este carácter refleje el origen de estos cromatóforos. Las especies sin cromatóforos tienen frecuentemente pigmentos citoplasmáticos de naturaleza desconocida que proporciona colores diversos a las células. Algunos dinoflagelados como *Pyrocystis, Gonyaulax, Noctiluca*, se caracterizan también por originar luminiscencia en el medio marino. Algunos investigadores atribuyen dicho fenómeno a la acción del complejo enzimático luciferina - luciferasa, bajo determinadas condiciones ambientales en relación con un ritmo circadiano endógeno. Otros dinoflagelados como *Gonyaulax, Gymnodinium*, producen sustancias neurotóxica de alto poder.

Otra estructura presente en el citoplasma de muchos dinoflagelados marinos y de agua dulce es la **púsula** o vacuola no contráctil, formada por un conjunto de vesículas que se comunican al exterior por medio de un canal que se abre a nivel de la base de los flagelos. La púsula posiblemente funcione como una estructura de flotación o de osmoregulación.

En el citoplasma también están presentes otras inclusiones, de formas diversas, de origen y función desconocidas. Entre estas sobresalen los **cuerpos mucíferos** que a modo de bastoncillos descargan mucílago al exterior a través de la membrana celular, posiblemente funcione como sustancia de adhesión de las células al medio; el **estigma** y los **ocelos** presente en *Warnowia*, como estructuras simples o complejas sensibles a la luz; finalmente, *Polykrikos y Nematodinium* tienen **tricocistos, nematocistos** y **cnidocistos** posiblemente con funciones sensoriales o defensivas.

11.1.3 NÚCLEO. Es típicamente grande, moniliforme, con los cromosomas que persisten como hilos condensado aún en la interfase, sin centromeros, ni husos. Este núcleo se denomina **mesocariótico.** La membrana nuclear y los nucléolos persisten durante la división nuclear. La membrana nuclear muestra numerosos canales citoplasmáticos que atraviesan al núcleo de un lado a otro.

11.2 REPRODUCCIÓN

La forma más frecuente de reproducción en este grupo de organismos es la asexual, por simple **división celular**, para dar lugar a 2 células hijas. El plano de división varía, así en las formas desnudas como *Gymnodinium* la división ocurre por constricción transversal; mientras que en las formas tecadas como *Ceratium y Peridinium*, el plano de división es oblicuo, las células hijas forman toda su teca, o lleva parte de la teca de la célula madre y regeneran la parte que falta/ En *Prorocentrum y Dinophysis* el plano de división es longitudinal, las células hijas retienen una valva y regeneran la otra mitad. En las formas filamentosas ramificadas como *Dinothrix y Dinoclonium* la reproducción asexual se lleva acabo por medio de zoosporas Gymnodiniales, es decir, semejan en morfología a *Gymnodinium* excepto su tamaño pequeño, libres no se separan para dar lugar a las formas vegetativas filamentosas.

La reproducción sexual observada en muchos dinoflagelados marinos y de agua dulce, corresponde a formas de isogamia o anisogamia, en individuos **homotálicos** o **heterotálicos**, dando lugar a los **hipnozigotes**. Parece ser que la deficiencia de N en el medio determina el comportamiento sexual de estos individuos.

Bajo condiciones ambientales desfavorables muchos dinoflagelados presentan quistes de 2 tipos: unos semejan a las células vegetativas como *Ceratium hyrudinella* que tiene la membrana engrosada y con abundante sustancia de reserva. Es notable la vitalidad de estos quistes que germina aún después de 6 años de reposo; otros quistes son los llamados **histricósferos** de forma esférica y con abundantes proyecciones tubulares. Cuando el quiste germina da lugar a un nuevo individuo que emerge a través de un poro apical.

Los quistes de los dinoflagelados han sido registrados en depósitos muy antiguos como el Siluriano (400 millones de años) y constituyen organismos de interés para geólogos en petróleo como marcadores estratigráficos.

11.3 HABITAT

Los dinoflagelados habitan en todos los ecosistemas acuáticos, principalmente como formas planctónicas en el mar, aguas dulces, salobres; también viven en la arena de las playas y en la nieve. Existen diferencias muy marcadas entre los dinoflagelados de las aguas marinas frías y las cálidas, algunas como las Dinophysiales son típicas de los mares tropicales.

En el plancton **oceánico** son abundantes las formas desnudas, no así las formas que integran el plancton **nerítico**. La formas pelágicas desarrollan en gran cantidad y colorean de verde, pardo amarillento o rojizo el agua donde habitan, originando el fenómeno oceanográfico conocido como **«marea roja»** o **«aguaje»**.

En la arena de las zonas de las mareas habitan pocos dinoflagelados, su presencia causa una coloración verde parduzca de vez en cuando. En la nieve su

existencia se delata por la coloración roja debido al hematocromo presente en el protoplasto.

Finalmente los dinoflagelados que carecen de cromatóforos han adoptado un modo de vida heterotrófico holozoico, saprófitos, simbióticos y parásitos en copépodos, esponjas, medusas, anémona, corales, turbelarios y foraminíferos. Los organismos simbiontes se denominan **zooxantelas** y representan a especies complejas y en relación con los diversos grados de asociación simbiótica.

La forma endoparásita típica esta representada por *Blastodinium* que habitan en los intestinos de copépodos marinos; mientras que las formas holozoicas tienen la capacidad de fagocitar partículas alimenticias del medio ambiente.

11.3.1 EL AGUAJE O MANCHA ROJA. Este fenómeno oceanográfico debe su nombre a la coloración rojiza, pardo rojiza, marrón o verdosa que tiene el agua de mar en diferentes localidades, con una amplitud y duración variable. Sus efectos económicos son de diversas magnitudes.

Este fenómeno se caracteriza por el incremento poblacional de diversos organismos del fitoplancton: dinoflagelados y ciliados, que alcanzan una magnitud de 1-20 millones de células por litro. Algunos aguajes son causados por dinoflagelados no tóxicos como *Noctiluca y Ceratium*, mientras que otros son producidos por dinoflagelados tóxicos como *Gonyaulax* (=*Protogonyaulax*) *tamarensis, Gonyaulax catenella, Gymnodinium breve (=Ptychodiscus brevis)*, cuyas toxinas matan a peces y diversos invertebrados marinos. La toxina más conocidas es la saxitoxina aislada de *Gonyaulax catenella*, considerada como una neurotoxina de un poder muy alto.

Las investigaciones realizadas hasta el presente, para explicar las causas que originan el fenómeno del **«aguaje»** son numerosas y se sabe que los factores son diversos: procesos bentónicos como los afloramientos de las corrientes marinas, la disponibilidad de nutrientes en el medio, la elevación de la temperatura y la salinidad y la existencia de una población latente de formas quísticas en aguas más profundas.

En nuestro mar, se sabe de este fenómeno desde épocas pasadas, como causante de la muerte de peces y aves guaneras. En la actualidad se conocen que son diversos los organismos que la ocasionan, reconociéndose entre ellos a dinoflagelados y ciliados como *Gymnodinium splendens y Mesodinium rubrum* respectivamente. Los efectos tóxicos de este fenómeno pasan desapercibidos y no tienen la magnitud de los que ocurren en otras latitudes. A pesar de ello, este fenómeno forma parte de los estudios oceanográficos de nuestro mar.

La ocurrencia frecuente de este fenómeno en áreas de importancia económica como son las costas del Atlántico de Norte América (Florida) ha dado lugar al establecimiento de programas de estudios permanentes y actualizados.

Existe un esfuerzo coordinado de personas, instituciones, equipos y apoyo financiero suficientes para una reevaluación constante de las alternativas y prioridades en el conocimiento de este fenómeno. Incluso se tiende al uso de métodos de predicción por medios de satélites, que nos permitan conocer la zona de inicio del fenómeno, su amplitud, desplazamiento y duración en estrecha correlación con los distintos parámetros del medio ambiente.

11.4 IMPORTANCIA ECONÓMICA

Los dinoflagelados constituyen los organismos de segundo orden en la producción de materia orgánica en el ambiente marino después de las diatomeas. Sobresalen en todos los mares especies de los géneros *Ceratium y Peridinium.*

Cuando el fenómeno de la **«marea roja»** se manifiesta, los efectos negativos en la economía son variados, afecta con mayor intensidad a las actividades vinculadas con el turismo en las costas, así como a la pesquería comercial y deportiva.

11.5 CLASIFICACIÓN

En la actualidad existen cambio continuos en la clasificación de las PYRRHOPHYTA, como se observa en publicaciones especializadas Balech (1980), Dodge (1975,1981), Sournia (1967), Wall & Evitt (1975), etc., así como en publicaciones generales Bold & Wynne (1978,1985), Chapman y Chapman (1977). Sin embargo es común de dichos autores que las **DIVISIÓN PYRRHOPHYTA** incluya a 2 Clases: **DESMOPHYCEAE** y **DINOPHYCEAE.**

11.5.1 CLASE DESMOPHYCEAE (DESMOKONTAE)

Esta Clase incluye a organismos unicelulares móviles, son los menos especializados, poseen 2 flagelos de inserción apical, con características y movimientos diferentes. La pared celular esta dividida por un surco longitudinal en 2 mitades: teca derecha y teca izquierda.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LOS ÓRDENES

1. Organismos libres, elipsoidales, sin membrana celular definida (desnudos), con dos flagelos apicales .... **DESMONADALES**

1'. Organismos libres, ovoides o fusiformes, achatadas lateralmente, pared celular compuesta por dos mitades laterales, separadas por un surco longitudinal, con dos flagelos apicales. .... **PROROCENTRALES**

ORDEN DESMONADALES

Los organismos que integran este Orden presentan generalmente una for-

ma ovoide. La pared celular es delicada, o moderadamente desarrollada, dividida longitudinalmente en dos mitades, derecha e izquierda; con dos flagelos anteriores. Habitan en el ambiente marino, así como en las aguas dulce y salobre.

Los géneros representativos son: *Desmomastix, Pleromonas* y *Haplodinium.*

ORDEN PROROCENTRALES

Este Orden incluye a las formas más evolucionadas de la Clase. *Prorocentrum* es el género representativo, caracterizado por ser esférico u ovoide, comprimida notoriamente en vista lateral, la pared celular dividida por un surco longitudinal en dos mitades laterales: derecha e izquierda, con una espina apical prominente a modo de diente y con dos flagelos de inserción apical. Habita en el mar y en la arena de las zonas de las rompientes. Algunas especies como *Prorocentrum micans* son luminiscentes.

Otro género representativo de este Orden es *Exuviaella* común en las playas arenosas.

11.5.2 CLASE DINOPHYCEAE (DINOKONTAE)

Los miembros de esta Clase muestran una considerable homogeneidad en su organización y representa la línea principal de desarrollo de los dinoflagelados. La pared celular en las formas tecadas tiene un surco transversal o cíngulo que la divide en dos mitades: superior o epiteca e inferior o hipoteca. Las tecas tienen a su vez placas cuyo número y disposición son de valor taxonómico. El surco longitudinal o sulcus se localiza en la pared ventral de la hipoteca. Llevan dos flagelos que se insertan ventralmente en poros separados en la zona de convergencia del cíngulo con el sulcus.

Los géneros no tecados son pocos y tienen un periplasto firme.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LOS ÓRDENES

1. Organismos unicelulares o coloniales móviles; con una organización típica de los dinoflagelados: con un surco transversal y otros longitudinal definidos 2
2. Pared celular no definida, desnudos unos, otros con el periplasto firme .... **GYMNODINIALES**
2'. Pared celular definida y constituida por tecas 3
3. Surco transversal en el tercio superior, divide la pared celular en dos partes desiguales: la epiteca pequeña y la hipoteca grande; surco longitudinal extenso en la parte ventral de la hipoteca .... **DINOPHYSIALES**

3'. Surco transversal ecuatorial notorio, divide la pared celular en dos mitades: la epiteca y la hipoteca; surco longitudinal corto en la parte ventral de la hipoteca .... **PERIDINIALES**

1'. Organismo unicelulares o coloniales no móviles; con una organización no típica de los dinoflagelados, los surcos transversales y longitudinal sólo se observan en las zoosporas 4

4. Formas ameboides .... **RHIZODINIALES**

4'. Formas cocoides o filamentosas ramificadas 5

5. Cocoides libres, no móviles .... **DINOCOCCALES**

5'. Filamentosas ramificadas, epífitas .... **DINOTRICHALES**

ORDEN GYMNODINIALES

Incluye a los organismos más simples de las Dinophyceae. Muchos de ellos carecen de una pared celular definida, es decir son organismos desnudos: el periplasto es firme, mantiene la forma o es flexible permitiendo el cambio continuo en otras especies. Algunas especies de agua dulce presentan la pared celular delicada, de naturaleza celulósica y dividida en un número determinado de campos exagonales. Los individuos son generalmente esféricos, comprimidos lateral y ventralmente. El surco transversal desciende en espiral ligeramente a la izquierda al rededor de la parte media de la célula, a veces más de una vez. El sulcus es generalmente recto o también espiralado de la célula.

La familia representativa de este Orden es **Gymnodiniaceae** que incluye los siguientes géneros: *Gymnodinium, Gyrodinium, Amphidinium*. Otros géneros importantes son: *Gonyaulax, Polykrikos y Noctiluca*. Muchas formas marinas de este Orden carecen de cromatóforos, algunos de ellos tienen el citoplasma periférico con numerosos cuerpos bacilares y de coloración roja, como *Warnowia* de la familia **Warnowiaceae**. Mientras que los miembros de la familia **Blastodiniacea** son parásitas, ectoparásitas o endoparásitas como *Blastodinium* que parásita ciertos copépodos.

ORDEN DINOPHYSIALES

Incluye a formas marinas planctónicas, con cierta complejidad en la estructura de la pared celular. El surco transversal o cíngulo se ubica en el tercio anterior. La epiteca es pequeña y carece de un poro apical, mientras que la hipoteca es grande y compuesta por numerosas placas. El surco longitudinal o sulcus se ubica en el lado ventral de la hipoteca. Los dos flagelos tiene la orientación similar a la de las Peridiniales. En la mayoría de las Dinophysiales los márgenes del cíngulo y sulcus se expanden a manera de una ala; forma doble collar en forma de embudo en el cíngulo como en *Dinophysis*, o simplemente da lugar a una expansión alar sostenida por espinas simples o ramificadas como en *Ornithocercus*.

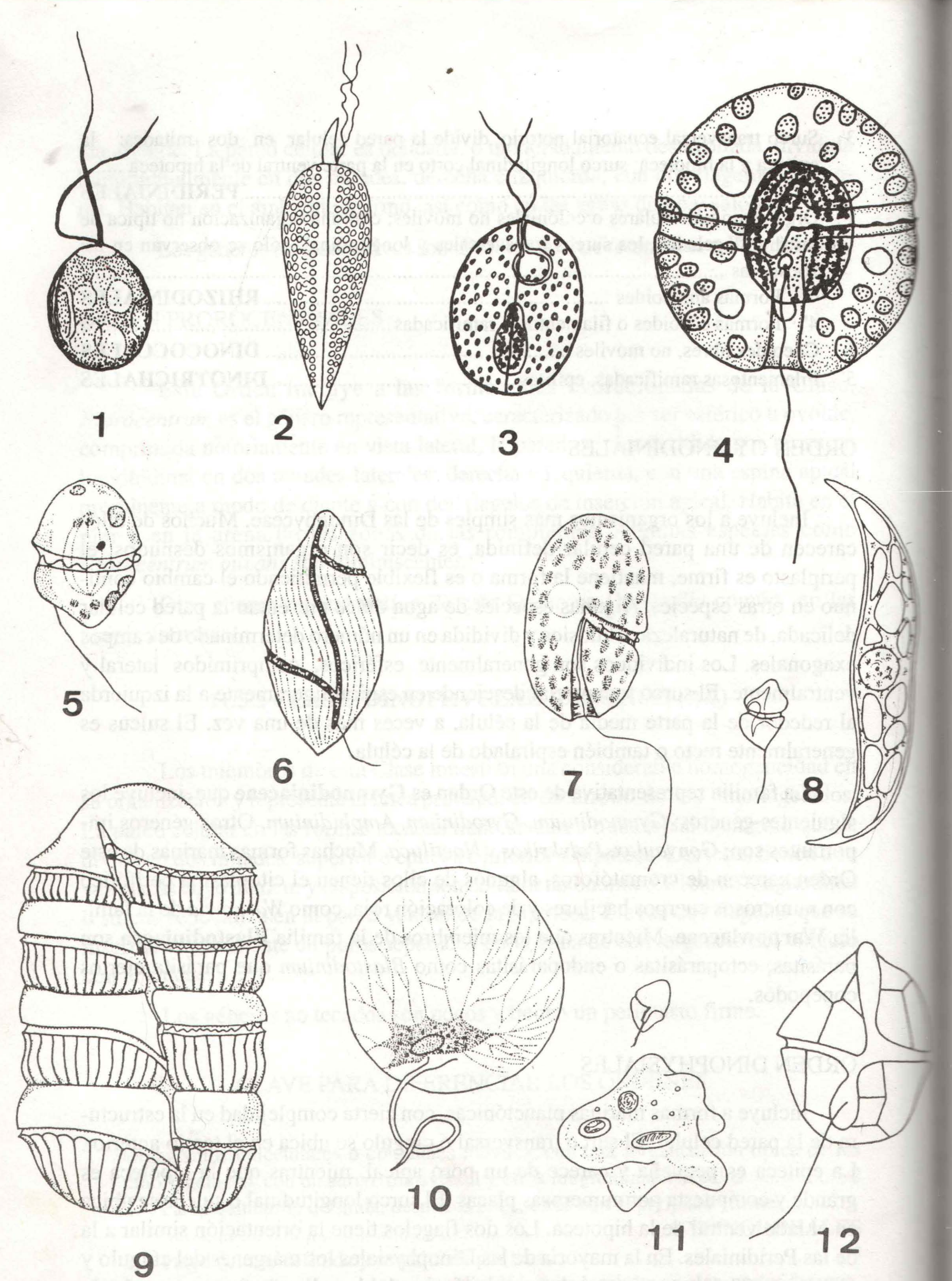


Fig.1 *Desmomastix globosa*,forma característica y flagelos anteriores. **Fig.2** *Prorocentrum micans* detalle de su forma,pared celular, espina y flagelos anteriores. **Fig.3** *Exuviaella marina* detalle de un individuo libre. **Fig.4** *Glenodinium sp.* vista ventral de un individuo. **Fig.5** *Blastodinium spinulosus.* **Fig.6** *Gyrodinium spirale.* **Fig.7** *Hemidium nasutum.* **Fig.8** *Pyrocystis lunula* una zoospora y un individuo típico. **Fig.9** *Polykrykos kofoidi* una colonia de cuatro células. **Fig.10** *Noctiluca miliaris* estado vegetativo. **Fig.11** *Dinamoebidium varians* forma típica. **Fig.12** *Gonyaulax apiculata* detalle de la pared celular en vista ventral (según Chapman & Chapman,1977).

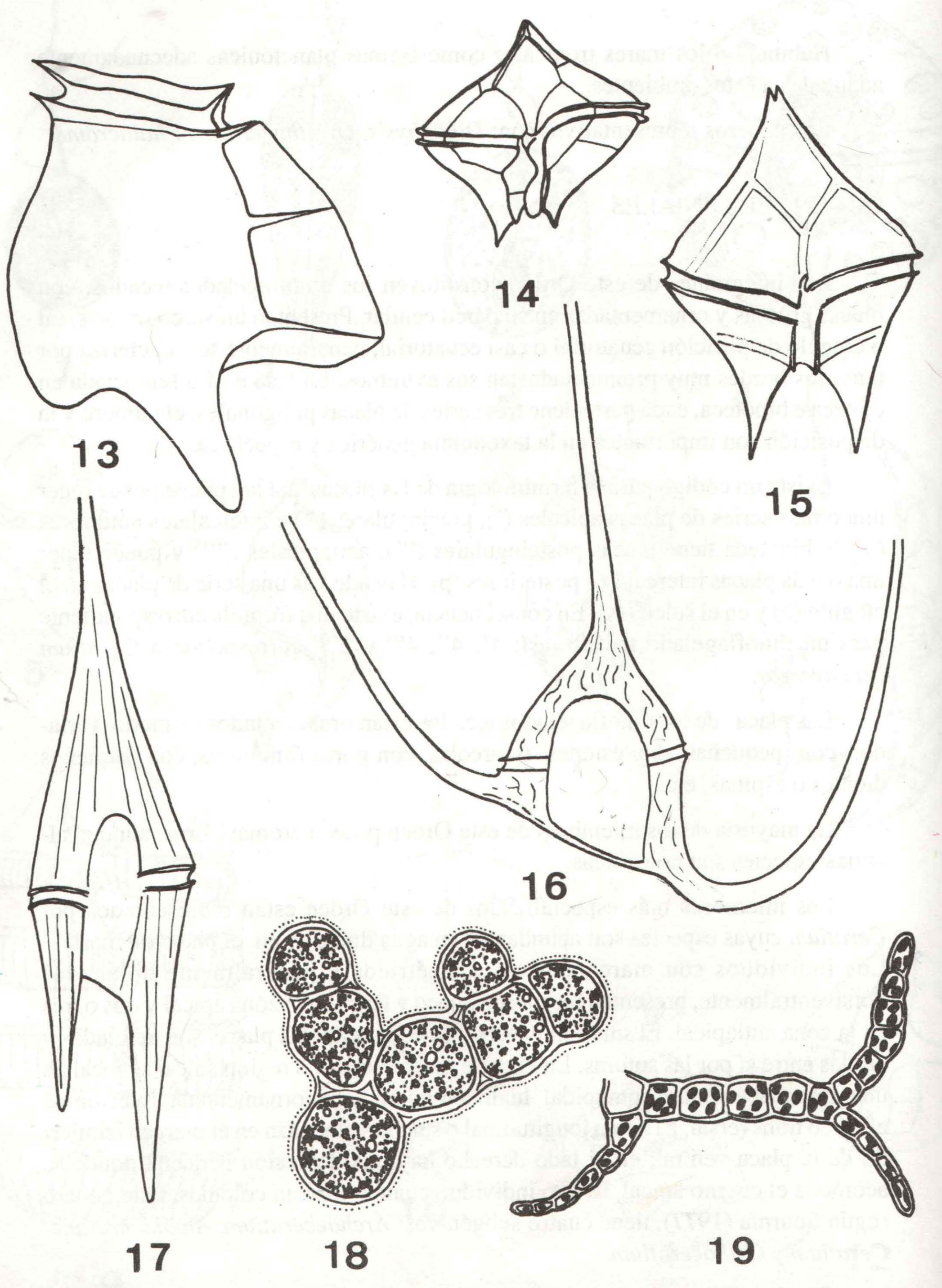


Fig.13 *Dinophysis caudata* vista lateral de un individuo,con la hipoteca más grande que la epiteca y con expansión alar notoria. **Fig.14** *Gonyaulax sp.* vista ventral en la que sobresale el surco longitudinal y el cíngulo. **Fig.15** *Protoperidinium sp.* detalle de un individuo en vista ventral con las placas, cíngulo y surco longitudinal sobresalientes. **Fig.16** *Ceratium tripos* detalle de un individuo en vista ventral. **Fig.17** *Ceratium furca* vista ventral. **Fig.18** *Dinothrix paradoxa* forma filamentosa, uniseriada y ramificada. **Fig. 19** *Dinoclonium conradi* forma filamentosa,uniseriada y ramificada.

Protoperidinium y Peridinium, comunes en el ambiente marino, así como agua dulce. En estos géneros la concavidad ventral es frecuentemente notorio y le da una apariencia en forma de riñón cuando el individuo es observado desde la parte apical.

También se incluye en este Orden al género *Glenodinium*, con teca delicada y frecuente en el pláncton de las aguas dulces y *Gonyaulax*, en este género el surco transversal muestra sus dos extremos con una tendencia espiralada. Las especies *G. catenella y G. tamarensis*, consideradas también como especies de *Protogonyaulax*, son las predominantes durante las mareas rojas que tienen lugar en las costas de California y el Atlántico respectivamente.

ORDEN RHIZODINIALES

Los individuos en este Orden son holozoicos, sin cromatóforos y con un núcleo grande característico. El género representativo es *Dinamoebidium*, cuyo estado vegetativo es permanentemente ameboide, se moviliza por medio de pseudópodos. La división celular no ha sido observada, en cambio es frecuente la formación de quistes que da lugar a zoosporas gimnodinioides, de corta vida, pues adopta la forma vegetativa ameboide característica.

ORDEN DINOCOCCALES

Este Orden incluye a los dinoflagelados unicelulares, cocoides o fusiformes, no móviles. la mayoría son de agua dulce, adheridas o flotantes libremente. No muestran división celular vegetativa, la reproducción más común es por medio de zoosporas gimnodinioides o por autosporas.

Los géneros más importantes son *Cystodinium* de forma arqueada, fusiforme con los extremos en punta y *Pyrocystis* de forma fusiforme recta o arqueada, frecuente en el plácton marino y luminiscente. *Pyrocystis lunula* según otros autores *(=Dissodinium lunula)* se reproduce por zoosporas gimnodinioides, formadas en número de dos, cuatro u ocho en cada individuo.

ORDEN DINOTRICHALES

Este Orden pequeño de los Dinophyceae que incluye a las formas filamentosas, uniseriadas y ramificadas. Uno de ellos es *Dinothrix* colectado en acuarios marinos, se caracterizan por tener ramas cortas con un número limitado de células grandes, redondeadas o en forma de barril, con la pared celular gruesa y estratificada, con un núcleo grande y cloroplastos discoidales numerosos. El otro género es *Dinoclonium*, epífito, en su organización filamentosa se distingue una parte pos-

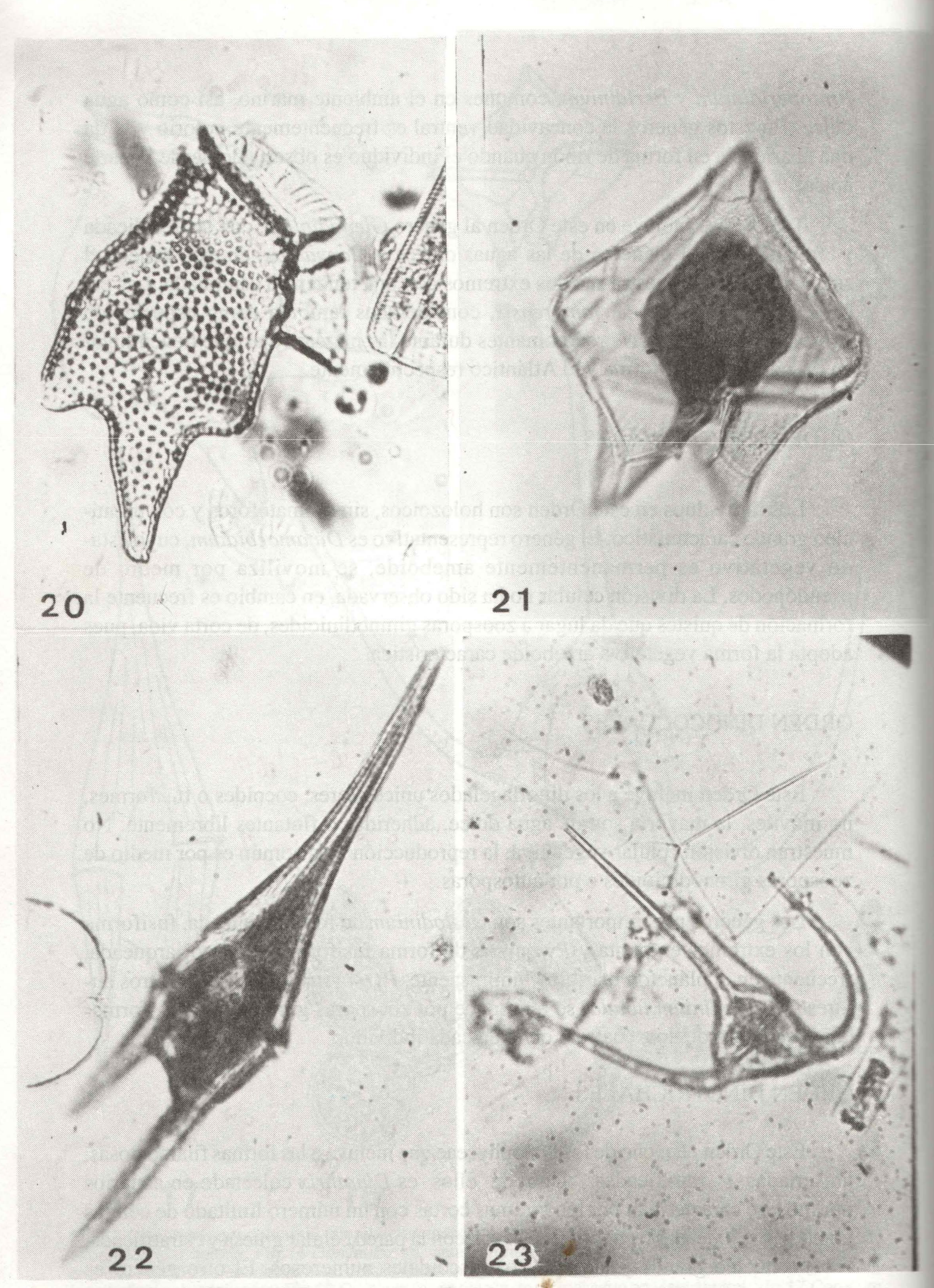
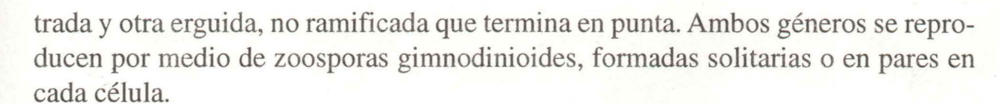


Fig.20 *Dinophysis caudata* detalles de la ornamentación externa. **Fig.21** *Protoperidinium sp.* vista ventral y estructuras de la pared celular. **Fig.22** *Ceratium furca* vista ventral. **Fig.23** *Ceratium tripos* vista ventral.


trada y otra erguida, no ramificada que termina en punta. Ambos géneros se reproducen por medio de zoosporas gimnodinioides, formadas solitarias o en pares en cada célula.

11.6 FILOGENIA Y EVOLUCIÓN

Explicar la filogenia y evolución de los dinoflagelados implica realizar una revisión exhaustiva de toda la información acumulada mayormente desde las dos últimas décadas sobre la ultraestructura y bioquímica de los protista.

Lo más probable es que los fitoflagelados -en el que se incluyen a los dinoflagelados- de acuerdo a su forma y función se han originado de los zooflagelados por un proceso de endosimbiosis o a la inversa, en vez de mostrar independencia en sus orígenes.

Una de las razones para considerar que esa ha sido la dirección principal en la evolución de los zooflagelados a los fitoflagelados es que en todos los grupos de los fitoflagelados (Chrysophyceae, Cryptophyceae, Euglenophyceae y Dinophyceae) existen caracteres más vinculados funcionalmente con los protozoos fagotróficos, que con un tipo de nutrición autotrófica. Otra razón, es que en algunos géneros de los mismos grupos de fitoflagelados, los flagelos que son estructuralmente similares, están insertados en orificios pequeños cuya función se desconocen.

La diversidad de los dinoflagelados actuales y las informaciones ultraestructurales y funcionales, sirven como marco referencial para entender la filogenia y evolución de estos organismo.

De acuerdo a su organización estructural se reconoce que existe cinco tipos principales de dinoflagelados: **prorocentroide**, **dinofisioide**, **gonyaulacoide**, **peridinioide** y **gimnodinioide**. Aún existiendo esta gran variedad se puede establecer que ciertas características mayores han derivado por secuencias particulares, siendo las más resaltantes las siguientes:

- Posición de los flagelos, que de apical en las Desmophyceae, pasan a la posición lateral en las Dinophyceae y su dimorfismo y localización en surcos respectivos.

- La evolución de la teca de acuerdo a un modelo que determina la homología de las placas en las gonyaulacoides y las peridinioides. Se agregan a estas características, la similitud de la organización celular interna con la de otros flagelados eucarióticos. La apariencia primitiva del núcleo que tiene los cromosomas condensados permanentemente.

Del análisis de estas características y otras adicionales se puede concluir que los dinoflagelados ocupan una posición próxima a la base de cualquier grupo de organismos en la serie de los Chromophyta eucarióticos y entre ellos las Desmophyceae son los relativamente más primitivas que las Dinophyceae.

12

DIVISIÓN CRYPTOPHYTA

Esta División comprende a un grupo pequeño de organismos unicelulares biflagelados, desnudos, de contorno ovoide, aplanado dorsiventralmente o en forma de riñón; los dos flagelos desiguales son de posición apical o lateral.

12.1 ORGANIZACIÓN CELULAR

Las investigaciones recientes con el auxilio de la bioquímica y las técnicas de la microscopía electrónica de transmisión y barrido nos ha permitido conocer mejor acerca de la organización celular compleja de estos organismos.

12.1.1 CUBIERTA CELULAR. Representada por el periplasto, compuesto por el plasmalema provisto de una capa fibrosa externa y con placas proteináceas en el lado interno. La disposición de las placas tiene valor taxonómico a nivel de especies. Su forma es constante, pueden ser exagonales como en *Cryptomonas* o rectangulares como en *Chroomonas.*

Vinculado al periplasto se distinguen los **eyectosomas** o **tricocistos**, localizados a ambos lados del canal o invaginación ventral, como cuerpos aplanados u ovoides, refractivos.

12.1.2 FLAGELOS. Las Cryptophyta tienen dos flagelos más o menos desiguales en longitud. Nacen en una depresión o invaginación ventral y están orientadas apicalmente como en *Cryptomonas* o lateralmente como en *Hemiselmis.* Los flagelos llevan pelos tubulares dispuestos en dos hileras opuestas en el flagelo largo, que además tiene en su base un hinchamiento paraflagelar y con una sola

Figs.1,2 *Cryptomonas sp.* vista ventral con los tricocistos en el centro y lateralmente.Con dos flagelos subapicales. **Fig.3** *Hemiselmis rufescens* inicio de la división celular. **Fig.4** *Tetragonidium verrucatum* detalle de un individuo. (Según Chapman and Chapman, 1977).

hilera de pelos en el flagelo corto. Este carácter se considera como el más notable de la División Cryptophyta.

En condición palmeloide, los individuos tienen sus flagelos apretados alrededor de la célula.

12.1.3 CROMATOFOROS Y PIGMENTOS. Las Cryptophyta, tienen generalmente uno o dos cromatóforos, laminares, parietales. Tienen los pares de tilacoides casi distanciados, como una forma intermedia entren los tilacoides de la Rhodophyta y los grupos de tres tilacoides de las otras Divisiones de las algas.

Los pigmentos característicos están representados por las clorofilas **a** y **c**, β caroteno, diatoxantina y pigmentos ficobiliproteicos como la ficocianina y ficoeritrina distintos a los de las Cyanophyta y Rhodophyta. Estos pigmentos ficobiliproteinicos se localizan en los espacios intratilacoidales y no en los ficobilisomas como en las Cyanophyta y Rhodophyta.

Las formas no pigmentadas tienen leucoplastos que facilita su ancestro fotosintético.

Como producto de reserva almacenan almidón, como gránulos simples o numerosos alrededor del pirenoide.

12.1.4 OTROS ORGANELOS. Entre los organelos más notorios de las Cryptophyta destaca el **nucleomorfo**, organelo no presente en los otros grupos de las algas. Se localiza en un compartimiento periplastidial; está rodeado por una membrana doble con poros y tiene un matrix granular, una región parecida al nucléolo y varios corpúsculos globosos o bacilares, homogéneo y denso.

Otro organelo importante es el **estigma**, constituido por una sola hilera de gránulos, localizados perifericamente en el interior del cromatóforo y asociado con los flagelos.

12.2 REPRODUCCIÓN

La forma más común de reproducción es asexual por simple división longitudinal, mientras el individuo está en movimiento o no. No se conoce formas de reproducción sexual en los miembros de esta División.

12.3 HÁBITAT

Los integrantes de esta División viven en agua dulce y marina. La mayoría son formas autotróficas, otras tienen nutrición saprófita o viven como simbiontes.

Son causantes de la **«marea roja»** en el ambiente marino cuando se incrementa la población de individuos.

12.4 CLASIFICACIÓN

Originalmente estos organismos estuvieron incluidos en las Pyrrhophyta o

simplemente fueron identificados como una clase de organismos de posición sistemática incierta. Constituyen ahora una División aparte por sus características particulares.

Esta División comprende una sola Clase: **Cryptophyceae**, que incluye a su vez dos Ordenes: **Cryptomonadales** y **Cryptococcales.**

ORDEN CRYPTOMONADALES

Con la Familia representativa **Cryptomanadaceae**, incluye a las Cryptophyta móviles como *Cryptomonas*, con dos flagelos subapicales; de forma ovoide a comprimidos dorsiventralmente; de coloración marrón-rojiza o verde-amarillenta.

Otros géneros de este Orden y Familia son *Chroomonas, Rhodomonas, Cyanomonas, Hemiselmis.*

ORDEN CRYPTOCOCCALES

Incluye a las Cryptophyta no móviles como *Cryptococcus* y *Tetragonidium*

13



DIVISIÓN PHAEOPHYTA

Esta División incluye a 265 géneros con aproximadamente 1500 especies, todas ellas conocidas como **Algas Pardas**, por su coloración características entre verde olivo a marrón oscuro. Los pigmentos predominantes en sus cromatóforos son las clorofilas a y c, ß caroteno, violaxantina y fucoxantina, con trazas de diatoxantina y diadinoxantina. No todas las algas que muestran esta característica corresponden a las algas pardas, así ciertas algas rojas como *Porphyra, Ahnfeltia, Grateloupia, Prionitis* tiene una coloración marrón violácea, marrón amarillenta a marrón oscura.

Como producto de reserva almacenan preferentemente laminarina, manitol y grasa.

No se conocen formas unicelulares o coloniales pertenecientes a esta División. La forma vegetativa más simple es la **filamentosa heterotrica**. El otro extremo está representado por formas morfológicas más evolucionadas correspondientes a las **Laminariales** y **Fucales**, las cuales sobrepasan a todas las demás algas en tamaño, complejidad de estructuras y grado de diferenciación externa e interna como es el caso de *Macrocystis*, que alcanza hasta 60m de longitud y está diferenciado externamente en rizoides, estípite o cauloide y láminas o filoides e internamente diferenciado en tejidos.

Las algas pardas muestran diversas formas de reproducción asexual y sexual, correspondientes a los ciclos de vida de cada grupo taxonómico en particular.

Este grupo de algas viven casi exclusivamente en el ambiente marino, con excepción de pocos géneros que habitan en agua dulce.

13.1 ORGANIZACIÓN VEGETATIVA

Las formas simples de organización vegetativa, individuos unicelulares o coloniales tan frecuentes en las **Chlorophyta, Chrysophyta** y **Xanthophyta** no se conocen en las **Phaeophyta**. Las formas vegetativas representativas son las siguientes:

13.1.1 FORMAS FILAMENTOSAS. Miembros de las **Ectocarpales**, así como de las **Myrionemataceae** de las **Chordariales**, representan la forma más simple y primitiva de las **Phaeophyta** por su organización filamentosa, uniseriada, ramificada. Esta forma filamentosa corresponde a la **heterotrica**, que es la más evolucionada de las **Chlorophyta**.

Esta forma filamentosa simple o heterotrica se dan también en los gametofitos de las especies heteromórficas como en las **Laminariales**, haciendo contraste con los esporofitos macroscópicos vegetativamente muy diferenciados.

13.1.2 FORMAS NO FILAMENTOSAS.La mayoría de las Algas Pardas son formas multicelulares, con una evidente diferenciación externa e interna. Comprende a las formas **haplósticas** cuyo filamentos uniseriados, ramificados, se agrupan de manera distinta; formando un pseudoparénquima como en *Leathesia,* un talo cilíndrico suave, constituido por un sistema multiaxial con células no pigmentadas que dan origen a ramas laterales de varios órdenes con células fotosintéticas como en *Myriogloea*; forman costras epilíticas como *Ralfsia*, o dan lugar a ejes laminares como *Desmarestia*.

Las formas **polísticas** se dan en varios Ordenes de las Algas Pardas, como consecuencia de la capacidad de las células para dividirse en varios planos se constituyen verdaderos tejidos y alcanzan su mayor grado de diferenciación en las **Laminariales** y las **Fucales**. Las formas vegetativas parenquimatosas son variadas: globosas sólidas a huecas como *Colpomenia y Soranthera*, cilíndricas hueca como *Scytosiphon*, laminares sólidas como *Padina, Petalonia*.

La forma foliosa, o laminar de las **Dictyotales**, su ramificación dicotómica y la diferenciación morfológica de las **Laminariales** y **Fucales**, y su organización monopodial, son rasgos evolutivos muy avanzados entre las algas.

El crecimiento de las Algas Pardas ocurre de varias maneras: por crecimiento difuso, en muchas **Ectocarpales** y **Chordariales**, la división celular se dan en las células intercalares y en las apicales; por **crecimiento tricotálico**, cuando la división celular es muy intensa en la base de uno o varios filamentos como en *Desmarestia y Cutleria* respectivamente. En las láminas de *Desmarestia* el único eje axial responsable del crecimiento se nota en el talo laminar como una nervadura media y como nervaduras laterales los ejes axiales originados del principal,

dando lugar a las ramas laterales o al ser decíduas a las formaciones espiniformes marginales de las láminas. Por **crecimiento apical** como en las **Sphacelariales**, **Dictyotales** y **Fucales**; en *Sphacelaria* la célula apical es prominente y ésta da lugar por división transversal y luego longitudinales al talo filamentoso polisifónico; en *Glossophora* el crecimiento apical se debe a una sola célula y ésta es la que da origen a la bifurcación del talo, en *Padina y Zonaria* el crecimiento se debe a una fila de células apicales, protegidas en el enrrollamiento marginal en *Padina* o libres y más pigmentadas en *Zonaria*. En las **Laminariales** el crecimiento del talo se debe a una intensa división celular del **meristema intercalar**, localizado en la base de la lámina apical.

13.2 ORGANIZACION CELULAR

Las células de las Algas Pardas están diferenciadas en las siguientes estructuras:

13.2.1 PARED CELULAR. Las células de las Algas Pardas tienen una pared celular definida y constituida por una capa interna celulósica y otra externa mucosa compuesta por sustancias características como el ácido algínico y otro polisacárido sulfatado denominado fucoidina. Se ha constatado la presencia de calosa en los tubos cribosos de las Laminariales y en la pared celular de *Laminaría y Ascophyllum*.

Algunas especies de *Padina* presentan su membrana celular excepcionalmente calcificada y otras especies de las **Sphacelariaceae** tienen impregnaciones férricas.

13.2.2 CITOPLAMA. Esta restringida a la cara interna de la pared celular, posee muchas vacuolas, generalmente pequeñas, y separadas por bandas citoplasmáticas; otras en cambio, como en *Fucus* presentan sólo una gran vacuola central.

El citoplasma contiene a los cromatóforos, el núcleo y otras inclusiones.

13.2.3 CROMATÓFOROS. Los cromatóforos de las Phaeophyta son pocos o numerosos en cada célula; son invariablemente de posición parietal, con excepción de los cromatóforos axiales y estrellados de *Bachelotia*. Los cromatóforos son generalmente discoidales, acintados, laminares. Estructuralmente presentan lamelas o tilacoides reunidos en grupos de tres y parcialmente interconectadas entre sí.

En muchas Algas Pardas se han descrito la presencia de pirenoides, éstos son simples, pedunculados e incluidos en los cromatóforos. En algunos Ordenes no existen cromatóforos.

Los pigmentos presentes en los cromatóforos son los mismos indicados anteriormente. De igual modo, además de los productos de reserva señalados, debemos destacar la presencia de gran cantidad de vitaminas en diversas Algas Par-

das, siendo importante las presentes en las **Laminariales** de consumo humano como *Laminaria* que tiene pro-vitamina A y ácido nicotínico.

13.2.4 NÚCLEO. Las células de las Algas Pardas, generalmente poseen un solo núcleo grande, con uno o más nucléolos; es especialmente visible en la célula apical de las **Sphacelariales**. La condición multinucleada es rara, aunque se observa en algunas **Laminariales** y en las células viejas de *Halopteris*.

13.3 REPRODUCCIÓN

Todos los Ordenes de las Algas Pardas, a excepción de las **Fucales y Durvillaeales** presentan un ciclo de vida digenético, es decir, con alternancia de generaciones que involucra a las fases asexual y sexual.

13.3.1 GENERACIÓN ASEXUAL.Esta representada por las plantas esporofíticas que tienen esporangios unicelulares uniloculares que dan lugar a cuatro planosporas en las **Dictyotales** o a numerosas zoosporas biflageladas. Libres germinan y dan origen a las plantas sexuales.

13.3.2 GENERACIÓN SEXUAL. Las plantas gametofíticas o sexuales de varios Ordenes como las **Ectocarpales, Sphacelariales** y **Dictyotales** no se diferencian morfológicamente de las plantas asexuales. En cambio en otros Ordenes como las **Dictyosiphonales, Desmarestiales, Chordariales,Scytosiphonales** y **Laminariales**, las plantas sexuales son filamentosas, pequeñas, en contraste con los esporofitos macroscópicos parenquimatosos. Los gametangios son pluricelulares y pluriloculares y cada lóculo da lugar a un solo gameto. Los gametos son piriformes generalmente con dos flagelos laterales, desiguales en longitud, siendo el anterior más largo y provisto de mastigonemas y el posterior corto y liso. Los gametos de las **Dictyotales** tienen un solo flagelo.

Las plantas sexuales son haploides, monoicas o dioicas, isógamas, anisógamas y oógamas. Los gametos resultan luego de sucesivas mitosis del gametangio llamado también **mitosporangio** del mismo modo como ocurre la meiosis y sucesivas mitosis en los esporangios llamados también **meiosporangios**.

En las **Fucales y Durvilleales** con ciclo de vida monogenético, las plantas sexuales son diploides y la meiosis ocurre durante la gametogénesis, siendo la reproducción sexual oogámica.

Información más detallada sobre reproducción y ciclo de vida se dan en los Ordenes respectivos.

13.4 HÁBITAT

Casi todas las Algas Pardas viven en el ambiente marino, con excepción de cuatro géneros: *Heribaudiella, Pleurocladia, Bodanella y Lithoderma* que habitan en agua dulce. No se conoce ninguna que viva en el medio terrestre.

En el ambiente marino la mayoría de las Algas Pardas son litófitas y

constituyen frecuentemente la vegetación más sobresaliente de la zona de las mareas, tanto por su variedad, biomasa y tamaño de sus talos. Las especies de la **Laminariales** como *Macrocystis* forman una espectacular floresta en el sublitoraly pocas especies viven en aguas profundas a más de 200m, en las aguas claras de los mares tropicales.

Alcanzan su máxima expresión tanto en número de especies como de individuos en las aguas frías del Hemisferio Norte o Sur.

Ciertos géneros son representativos del Hemisferio Norte como *Fucus, Ascophyllum, Pelvetia*, mientras que otros como *Hormosira, Lessonia, Durvillaea* sólo están presentes en el Hemisferio Sur.

Del mismo modo, géneros como *Sargassum, Turbinaria* y muchos de las **Dictyotaceae** son propios de los mares tropicales.

El epifitismo es también, un modo especializado de hábito para muchas Algas Pardas. Son más abundantes sobre las algas de las pozas de las mareas, que sobre las del sublitoral, o zonas expuestas de las rompientes; también son abundantes sobre las **Fucales** y en menor proporción en *Macrocystis, Lessonia, Ecklonia, Desmarestia* y otros.

Algunas son epífitas obligadas como *Myrionema, Leathesia o Streblonema*; esta última con el talo parcialmente endofítico, pero ninguna depende de su hospedante para su nutrimiento ya que tienen pigmentos fotosintéticos en sus células, y por eso el parasitismo total no existe. No obstante *Notheia anomala* que vive sobre *Hormosira o Xiphophora* podría ser considerada como una hemi-parásita o parásita parcial.

13.5 IMPORTANCIA ECONÓMICA

Las algas marinas en general, constituyen un recurso natural de variado significado biológico. Las microscópicas integran el fitoplancton, base de la cadena de alimentos en el ambiente marino y las macroscópicas tienen diversos usos en forma directa o como materia prima para la obtención de otros productos como los polisacáridos, o la algina de las **Algas Pardas**. Bastará enumerar tales usos para formarnos una idea de su importancia.

13.5.1 EN LA ALIMENTACIÓN HUMANA.Muchas algas marinas han formado parte de la dieta humana desde tiempos muy lejanos de diferentes grupos humanos, cuya existencia se ha desarrollado en relación con el ambiente marino. En lo que respecta a las algas pardas, se conoce del uso de *Eisenia y Sargassum* por los antiguos habitantes del Archipiélago japonés. Desde aquellas épocas hasta el presente se consumen los tallos y las partes foliares de otras algas pardas como *Laminaria y Undaria*, bajo los nombres de «**Kombu**» y «**Wakame**» respectivamente. Las especies de *Laminaria* que se consume bajo el nombre de «**Kombu**»

corresponden a varias especies: *L.japonica* var. *ochotensis, L.religiosa, L.coriacea* y *L.angustata.*

Las cosechas del **«Kombu»** en Japón permanecen casi estables en las últimas décadas, alcanzan hasta 170,000 toneladas al estado húmedo, agregándose a esta cantidad las importaciones procedentes de China y Korea por casi 1,500 al estado seco.

El valor nutritivo del **«Kombu»** y **«Wakame»** está representado por su contenido en carbohidratos, alginatos, fucoidina, laminarina y manitol, que en conjunto alcanzan hasta el 65% del peso en seco. Estos polisacáridos tienen diversas propiedades deseables como antilipémicas, anticoagulante, antitumorales y ayudan a bajar el nivel alto del colesterol. Contiene también, proteínas y aminoácidos diversos; entre estos últimos sobresalen el estado libre los ácidos glutámico y aspártico, así como alanina, prolina, leucina y glicina. Otros productos son los lípidos y esteroles como los ácidos palmítico y oleico y fucosterol, presentes en el **«Kombu»** y **«Wakame»** respectivamente y diversas vitaminas como las vitaminas B, B1, B12, ácido fólico y vitamina C y minerales: Ca, Na, K, Mg, Cu, Fe y Ni, así como arsénico, elemento no deseable en la dieta humana.

Otras algas pardas usadas en la alimentación humana en menor escala en Japón son *Hizikia* **«hiziki»**, *Ecklonia y Nemacystis* y en la Costa chilena con el nombre de **«Ulte»** o **«cochayuyo»** se consume *Durvillaea antartica.*

13.5.2 COMO FORRAJE PARA ANIMALES DOMÉSTICOS. En varios países europeos se emplean corrientemente las algas pardas como forraje, ya solas, ya como complementos mezcladas con grano y heno en la alimentación del ganado vacuno o lanar, como fuente de minerales y vitaminas, reemplazando la ración normal de suplementos vitamínicos y minerales convencionales. En la actualidad se comercializa compuestos a base de Algas Pardas, como *Macrocystis*, utilizados en la alimentación de porcinos y gallinas, mezclados con otros alimentos, como harina de pescado, aceite, melaza, levadura, etc.

Se ha realizado estudios diversos sobre la digestibilidad de las Algas Pardas usadas con este propósito; se ha comprobado por ejemplo que *Ascophyllum nodosum* es más digestible que *Laminaria y Fucus.* Como resultado de esta investigación experimentales se inicia la producción de alimentos a partir de dicha especie; en la actualidad el producto se vende en los mercados como suplemento de forrajes para diversos animales domésticos.

No todas las Algas Pardas utilizadas como forrajes son convenientes, ni son igualmente aceptadas por el ganado. Por ejemplo algunas especies de *Laminaria* son rechazadas, en cambio otras como *Alaria* goza de mayor preferencia. Existen otras especies que causan ciertos trastornos digestivos en los corderos y otros animales domésticos. Por tal razón se recomienda, que la proporción de algas usadas no deba pasar el 10% de la dieta diaria suministrada.

13.5.3 COMO FERTILIZANTES Y MEJORADORES DE SUELOS. Desde hace Siglos, las Algas Pardas como *Fucus* y otras como *Ulva*, se utilizan como fertilizantes, o como mejoradores de suelos en la costa de Francia, Escocia, Irlanda, Noruega. Las algas enriquecen los suelos, principalmente como Iodo y Potasio.

Las Algas como fertilizantes, tienen la ventaja sobre el estiércol de no introducir hongos en los cultivos, ni semillas de plantas perjudiciales; aumentan la capacidad de germinación de las semillas e incrementan la posibilidad de resistir a las heladas y plagas de insectos. El agregado de algas a ciertos suelos mejora sus condiciones físicas, siendo higroscópicas contribuyen a mantener la humedad del suelo y lo hacen más blando y esponjoso, mientras que su rápida descomposición favorece la formación del humus.

13.5.4 COMO RECURSO INDUSTRIAL. A partir del Siglo XVII, las Algas Pardas como *Laminaria, Ascophyllum, Chorda* y otras, fueron usadas industrialmente en la obtención de Iodo y Potasio, alcanzando su máxima demanda en los Siglos XVIII y XIX y hasta el presente su obtención ha sido variable a reducida.

Las **Algas Pardas** adquieren su mayor valor industrial como materia prima para la obtención de la algina, un ficocoloide versátil descubierto por Stanford a comienzos de los 1880,iniciándose con este descubrimiento una nueva era en el uso de las algas marinas.

El ácido algínico está presente en todas las algas pardas, grandes y pequeñas, principalmente en las **Laminariales** como *Laminaria y Macrocystis*, entre 30-70% y 20-40% respectivamente.

La existencia abundante de *Macrocystis* y su cosecha fácil en la costa pacífica de los Estados Unidos de Norte América, dio lugar al establecimiento de la industria de la algina en California, siendo la Kelco Company de San Diego la empresa más importante. En la actualidad el ácido algínico se obtiene también en varios países de Europa y en el Japón, en base a especies de Algas Pardas propias: *Eisenia, Ecklonia, Lessonia, Sargassum*, o de especies importadas de otras latitudes. En nuestra costa los volúmenes de *Macrocystis y Lessonia* son significativos para esta industria.

La algina tiene una cualidad muy especial que la hace muy útil en numerosas industrias que requieren de estas características: estabilizante, espesante y emulsificante. He aquí los principales usos:

En la Industria de los helados, la algina proporciona la textura fina y previene la formación de cristales de hielo en el producto.

En la industria farmacéutica es empleada en la elaboración de los diferentes cosméticos, pasta dentrífica, en drogas y antibióticos.

En la industria de los alimentos lácteos como leche chocolatada, crema de leche.

En la industria textil como fijador del colorante durante el teñido, en el apresto y estampado de las telas.

En la industria de pinturas, como emulsificante y abrasivo de pinturas con base acuática.

En cervecería como clarificante.

En arte culinario reemplaza a la fécula.

En medicina en regímenes dietéticos, por su escaso valor energético.

Como alginatos de Sodio y Calcio en Odontología para obtener los moldes exactos en prótesis dental.

Siendo la industria de la algina y alginatos muy importante por sus múltiples usos en diferentes industrias y en consecuencia su demanda muy alta, la necesidad de materia prima es igualmente grande. Para satisfacer dicha demanda, existe en la actualidad mucho interés en el cultivo intensivo de este recurso, que involucran muchos aspectos relacionados, como son las características ecológicas del medio y la metodología correspondiente para una labor cultural eficiente como los que se realizan principalmente en Japón con las diversas especies de *Laminaria*.

13.6 CLASIFICACIÓN

La clasificación de las **Phaeophyta** al igual que la de las otras Divisiones de las algas, han experimentado diversos cambios, según los criterios adoptados por los distintos autores.

La agrupación de estas algas en Clases, Subclases y Ordenes son también distintos a través del tiempo. Así, Kjellman (1897) reconoció una sola Clase: **Phaeophyceae** con 2 Series: Phaeosporeae y Cyclosporeae; muchos autores reconocieron también a esta única Clase, Fritsch (1955), Silva (1980). Otros como van den Hoek (1978) y Christensen (1980) incluyeron a la Clase **Phaeophyceae** en las Divisiones Heterokontophyta y Chromophyta respectivamente, el mismo Christensen (1980) propuso se denomine **Fucophyceae** a la única Clase **Phaeophyceae**.

Nakamura (1972) reconoció 2 Clases: **Phaeosporeae** y **Cyclosporeae**, la primera con tres Subclases: Haplostichidae para los Ordenes vegetativamente filamentosos; Haplopolystichidae para los Ordenes con fases morfológicas filamentosa y pseudoparenquimatosa y Polystichidae para los Ordenes vegetativamente parenquimatosos.

Kylin (1933) incluyó a las Algas Pardas en 3 Clases: **Isogeneratae** (con alternancia de generaciones isomórfica), con los Ordenes Ectocarpales,

Sphacelariales, Cutleriales, Tilopteridales y Dictyotales; **Heterogeneratae** (con alternancia de generaciones heteromórficas) comprendiendo esta Clase a 2 Subclases: Haplostichineae con los Ordenes Chordariales,Sporochnales y Desmarestiales y la Subclase Polystichineae con los Ordenes Dictyosiphonales, Punctariales y Laminariales y la Clase **Cyclosporeae** (sin alternancia de generaciones) con el único Orden Fucales. La clasificación de Kylin (1933) fue seguida por Papenfuss (1955), Fott (1959), Chadefaud (1960), Chapman y Chapman (1977) y otros.

Todas las propuestas de clasificación a nivel Ordinal han sido resueltas alrededor de grupos problemáticos, así el establecimiento del Orden Scytosiphonales, según Christensen (1962) y Parker y Dixon (1964) se hicieron para incluir una familia en las Dictyosiphonales; o el rechazo del Orden Chordariales como lo hicieron Russell y Fletcher (1975) al incluir la Familia Chordariaceae en el Orden Ectocarpales tan amplio incluyendo a los Ordenes Chordariales, Scytosiphonales y Dictyosiphonales de otros autores.

De todo lo expuesto se puede concluir que la clasificación en **Ordenes** de las **Phaeophyta** está basado fundamentalmente en el ciclo de vida, modo de crecimiento del talo, reproducción, número de cromatóforos por célula, presencia o ausencia de pirenoides y características estructurales de los flagelos de la Fucales y Dictyotales.

La clasificación que seguimos está basada en Bold y Wynne (1985) y Womersley (1987), los primeros consideran la **Clase Phaeophyceae** como la única de la División Phaeophyta, mientras que Womersley no menciona ninguna Clase en el Phylum Phaeophyta.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LOS ÓRDENES

1. Plantas con alternancia de generaciones 2
 2. Talo haplóstico 3
3. Filamentosos.Con alternancia de generaciones isomórfica .... **ECTOCARPALES**
3'. Pseudoparenquimatoso. Con alternancia de generaciones heteromórfica 4
 4. Reproducción sexual isogámica .... **CHORDARIALES**
 4'. Reproducción sexual oogámica 5
5. Con crecimiento tricotálico uniaxial .... **DESMARESTIALES**
5'. Con crecimiento tricotálico multiaxial .... **SPOROCHNALES**
 2. Talo polístico 6
 6. Con alternancia de generaciones isomórfica (excepto las Cutleriales) ambas fases con talo parenquimatoso 7
7. Con crecimiento tricotálico 8
 8. De construcción filamentosa, distalmente uniseriada .... **TILOPTERIDALES**
 8'. De construcción no filamentosa, más bien foliácea,acintada dividida

dicotomamente .... **CUTLERIALES**

7'. Con crecimiento apical, por medio de una a muchas células 9

9. Talo cilíndrico, polisifónico, ramificado, con una célula apical prominente. .... **SPHACELARIALES**

9'. Talo folioso, comprimido, ramificado dicotomicamente, con una célula o una hilera de células apicales .... **DICTYOTALES**

6'. Con alternancia de generaciones heteromórfica, sólo una fase la macroscópica con talo parenquimatoso y la otra fase más pequeña filamentosa o pseudo-parenquimatosa 10

10. Células con un solo cromatóforo laminar, parietal, con un pirenoide notorio .... **SCYTOSIPHONALES**

10'. Células con numerosos cromatóforos discoidales, con o sin cromatóforos...... 11

11. Crecimiento apical o difuso; cromatóforos con pirenoides reproducción sexual isógamas .... **DICTYOSIPHONALES**

11'. Crecimiento por medio de un meristema intercalar; cromatóforo sin pirenoide .... **LAMINARIALES**

1'. Plantas sin alternancia de generaciones 12

12 Crecimiento por medio de células apicales.. **FUCALES**

12'. Crecimiento difuso, no por células apicales .... **DURVILLAEALES**

ORDEN ECTOCARPALES

Comprende a las Algas Pardas más primitivas en morfología pues tienen el talo filamentoso, heterotrico, uniseriados con ramificaciones libres, o compactos lateralmente formando costras de forma definida.

Tiene un ciclo de vida complejo e irregular y generalmente aceptado como isomórfico. Los esporofitos sólo presentan esporangios uniloculares de posición terminal o intercalar, raramente agrupados en soros. Cuando presentan esporangios pluriloculares, éstos son idénticos en forma y localización a los gametangios de la misma especie. Los gametofitos llevan gametangios pluriloculares uniseriados o multiseriados, solitarios o en cadenas terminales o intercalares, raras veces agrupados en soros. Los gametos biflagelados se comportan como isogametos a anisogametos.

Este Orden está representado por dos Familias cuyos caracteres más sobresalientes se indican a continuación.

Familia Ectocarpaceae. Comprende plantas filamentosas heterotricas, uniseriadas, con ramificaciones libres. Porción basal discoidal, penetrante y ramificada, con pocas o muchas ramas erguidas. Cromatóforos parietales o axiales, de forma variada. Esporofito y gametofito con los mismos caracteres indicados para el Orden.

Los géneros representativos son: *Ectocarpus, Streblonema,Feldmannia, Pilayella, Giffordia, Acinetospora, Bachelotia, Hinskia.*

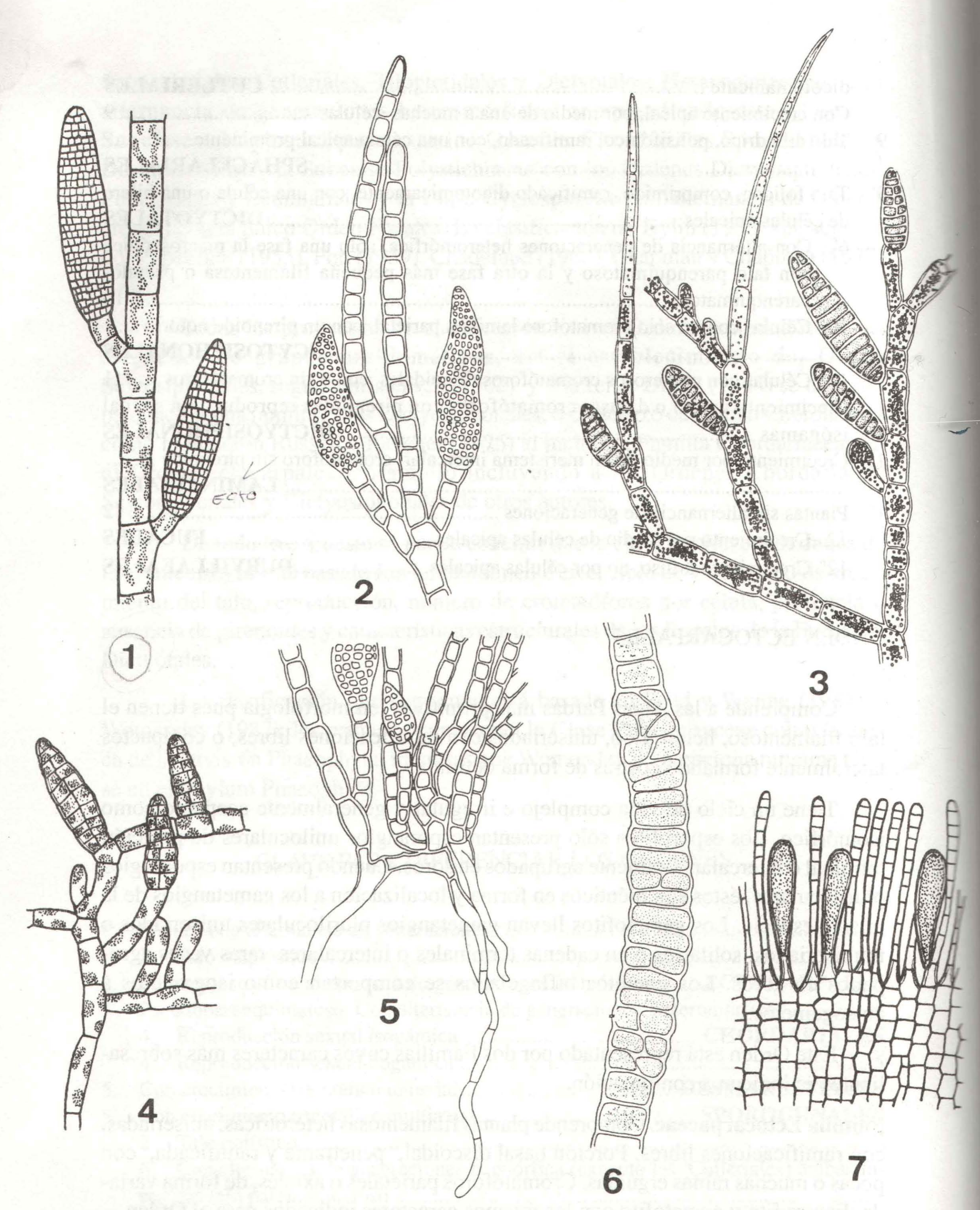


Fig.1 *Ectocarpus variabilis* porción del gametofito filamentoso uniseriado, con gametangios pluriloculares pluriseriado. **Fig.2** *Streblonema cokeri* parte superior del filamento con gametangios. **Fig.3** *Hincksia mitcheliae* porción superior del filamento uniseriado y ramificado con gametangios. **Fig.4** *Streblonema sp.* porción del filamento con elementos reproductivos. **Fig.5** *Streblonema cokeri* porción basal del talo filamentoso. **Fig.6** *Bachelotia antillarum* porción de un filamento uniseriado, algunas células transformadas en esporangios. **Fig.7** *Ralfsia pacifica* porción de esporofito costroso con esporangios uniloculares.

Ectocarpus. Planta filamentosa uniseriadas, con ramificaciones laterales libres. Sus células son cilíndricas, o en forma de barril, con cromatóforos en forma de banda. De hábitat generalmente epífito; con una porción basal ramificada irregularmente, que funciona como rizoides y una porción erguida con ramas laterales u opuestas.

Los esporangios son unicelulares o pluricelulares y los gametangios pluriloculares uniseriados o pluriseriados.

Streblonema. Este género es filamentoso, uniseriado o poliseriado, en las partes viejas: de hábitat endofítico, desarrolla entre las células del huésped con ramificaciones irregulares no diferenciadas en basales o erguidas. Sus células son irregulares con pocos cromatóforos discoidales o en forma de banda. Se sabe poco acerca de las alternancia de generaciones en las especies de este género; se ve que son isomórficas. Los esporangios son uniloculares, o pluriloculares, terminales, solitarios, o en grupos.

Pilayella. Plantas filamentosas diferenciadas en una porción postrada y otra erguida, ya simple o profusamente ramificada, con cromatóforos en forma de banda o discoidales.

Los esporangios y gametangios son unicelulares o pluricelulares respectivamente y son del mismo tamaño que las células vegetativas.

Familia Ralfsiaceae. Plantas costrosas o pseudoparenquimatosas, constituidas por filamentos con ramificaciones laterales compactas. Células basales constituyendo filamentos longitudinales, con una capa superior de filamentos erectos. Sólo con esporangios uniloculares formando soros.

Ralfsia. El talo de esta planta es costrosa, contorno circular al comienzo, haciéndose posteriormente lobulado en su margen; con una capa basal de filamentos horizontales ramificados, radiales y lateralmente unidos; las células superiores de la capa basal tienen filamentos asimiladores, generalmente uno en cada célula y orientados hacia la parte externa del talo. Habitan en las superficies libres de las rocas en la zona de las mareas.

Esporofito y gametofitos idénticos vegetativamente; con esporangios uniloculares y con gametangios uniseriados, biseriados o pluriseriados.

Otro género de esta familia es *Analipus*, morfológicamente erguido, con filamentos laterales no ramificados.

ORDEN CHORDARIALES

Las Algas incluidas en este Orden, muestran una alternancia de generaciones heteromórfica. En la mayoría de los géneros el esporofito es macroscópico, con crecimiento tricotálico terminal ointercalar, monoaxial o multiaxial; libres o más o

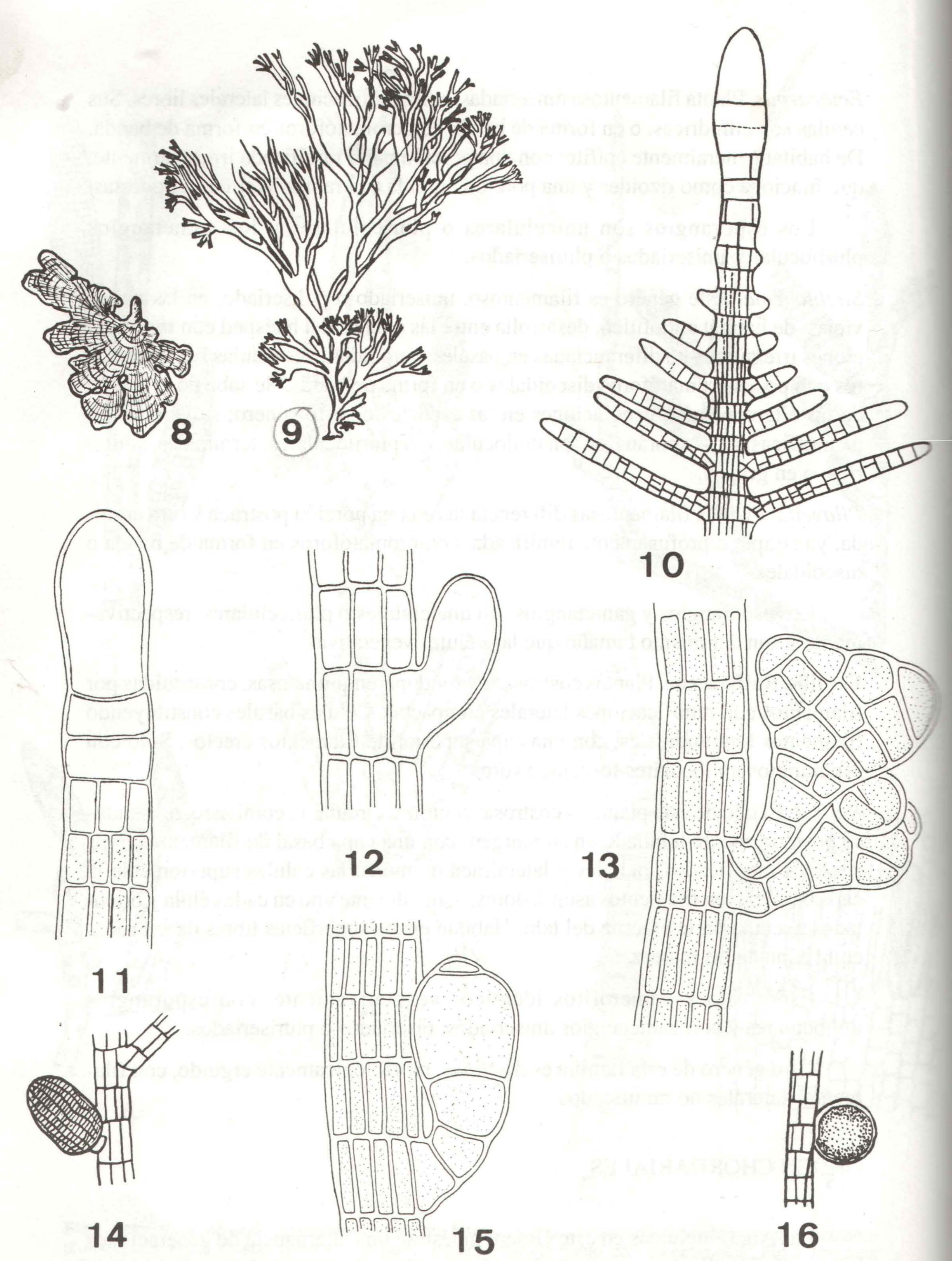


Fig.8 *Cutleria multifida* esporofito costroso o «fase *Aglaozonia*». **Fig.9** *Cutleria multifida* esquema del gametofito. **Figs.10,14 y 16** *Sphacelaria plumula* porción superior del talo polisinfónico. **Fig.14** Gametangio. **Fig.16** Esporangio. **Figs.11,12,13 y 15** *Sphacelaria Tribuloides.* Célula apical e inicio de la rama lateral y propágulos respectivamente.

menos unidos, constituyendo cordones de consistencia esponjosa como *Myriogloea*, o es pequeño como *Elachista* y aún microscópico como *Myrionema*. El gametofito en cambio es microscópico.

Los esporofitos sólo presentan esporangios uniloculares solitarios, o esporangios uniloculares y pluriloculares, uniseriados o pluriseriados, a veces reunidos unos juntos a otros, pero no en soros verdaderos.

El gametofito hasta donde se conoce, es siempre una plantita filamentosa, uniseriadas o raramente pluriseriada; de tamaño microscópico; con gametangios pluriloculares generalmente uniseriados. Sexualmente son isógamos y oógamos.

El talo puede ser epífito o parcialmente endofítico, o pueden habitar sobre rocas, arena o lodo.

Esta Orden comprende varias familias. Las más importantes se citan a continuación:

Familia Myrionemataceae. Comprende plantas pulvinadas o en forma de costras o discos pequeños, epífitas sobre otras algas. Con una capa basal monoestromática o biestromática originada por la unión lateral de filamentos uniseriados ramificados.

Los géneros representativos son: *Myrionema, Hecatonema, Pleurocladia, Compsonema, Microspongium.*

Myrionema. Este género es diminuto, costroso, de contorno circular o irregular. Consiste de una capa basal monostromática; de cada célula de esta capa se origina un filamento corto erguido, libres o lateralmente unidos, asociados con filamentos hialinos, uniseriados. Con esporangios uniloculares o pluricelulares de posición basal.

Se presentan generalmente epífitas sobre el estípite, las láminas y neumatóforos de las **Laminariales** y otras macroscópicas.

Familia Elachistaceae. Comprende a formas diminutas en forma de mechones. Con una organización heterotrica, la parte basal endofítica no pigmentada y la parte erguida fotosintética.

Con los géneros representativos: *Elachista, Leptonema, Philippia.*

Elachista. Los ejemplares de este género forman pequeños almohadillados generalmente hemisféricos, densamente pilosos.

La porción basal está constituida por filamentos incoloros que frecuentemente penetran en el tejido del hospedante. La porción erguida está constituida por un conjunto de filamentos asimiladores , uniseriados, libres y acompañados por abundantes filamentos hialinos o parafisis.

Los esporangios son grandes, piriformes, generalmente sésiles a la parte basal de los filamentos asimiladores. Los esporangios pluriloculares se reúnen en soros

intercalares en la parte superior de los filamentos incoloros o de posición terminal en losfilamentos asimiladores.

Las especies de este género son epífitas, ampliamente distribuidas principalmente sobre los miembros de las Fucales como *Fucus, Ascophyllum.*

Familia Chordariaceae. Esta familia incluye a las formas más grandes del Orden. Con talos cilíndricos ramificados, de organización uniaxial o multiaxial; sólido o hueco, con división intercalar. Con dos tipos de filamentos; los medulares incoloros y los corticales fotosintéticos. Con esporangios solamente uniloculares y pluriloculares al mismo tiempo, localizados en la base de los filamentos fotosintéticos o asimiladores.

Los géneros representativos de esta Familia son los siguientes: *Chordaria, Myriogloea, Eudesme, Haplogloia, Myriocladia, Papenfussiella, Caespidium, Saunderella.*

Myriogloea. El talo de esta alga es cilíndrico o subcilíndrico, ramificado indistintamente. El eje axial y las ramas de textura mucilaginosa. Estructuralmente está compuesta de numerosos filamentos axiales, entrecruzados, con una masa de finos rizoides; la zona cortical está formada por las ramificaciones laterales de los filamentos axiales, dispuestas en conjunto radialmente en forma compacta; las células de los filamentos radiales son ya cilíndricas u ovoides, las terminales son abundantes cromatóforos.

Los esporangios uniloculares son piriformes y se ubican solitarios cerca de la base de los filamentos asimiladores. El gametofito es desconocido.

ORDEN SPHACELARIALES.

Los integrantes de este Orden tienen el talo profusamente ramificado y no alcanza gran tamaño. Probablemente muchos son perennes, persisten en su porción basal postrada o vestigios de la porción erguida filamentosa; algunas veces en forma de costra, o en forma de matas. El talo presenta crecimiento terminal que se inicia por medio de una célula apical prominente; se torna polisifónico en la parte posterior de la región apical al formarse paredes longitudinales, o se hace corticado por la presencia de filamentos descendentes. La porción erguida es ramificada, con ramas opuestas, alternas o verticiladas, de constitución morfológica idéntica al eje principal; cada rama se origina ya de la célula apical o de otras células derivadas de aquella.

Los cromatóforos generalmente son discoidales, numerosos en cada célula. El talo a veces se multiplica vegetativamente por incisión de unas ramitas especializadas llamadas **propágulos.**

Ciclo de vida diplohaplóntico con alternancia de generaciones isomórficas.

El esporofito generalmente con esporangios uniloculares, raras veces pluriloculares. El gametofito con gametangios pluriseriados, terminales o solitarios generalmente pedicelado.

La familia más sobresaliente de este Orden es **Sphacelariaceae**. Las plantas comprendidas en esta Familia presentan un talo costroso o erguido. La porción erguida ramificada casi disticamente, nunca verticiladamente; polisifónico. Se multiplican generalmente por propágulos. El esporofito y gametofito con órganos reproductivos como los descritos para el Orden.

En nuestro medio esta Familia está representada por el género *Sphacelaria*, de hábito epífito generalmente, o litofítico, raras veces endofítico, adheridos por un rizoide horizontal o por estolones que en conjunto forman un disco.

Otros géneros importantes de este Orden son: *Cladostephus y Halopteris.*

ORDEN DICTYOTALES

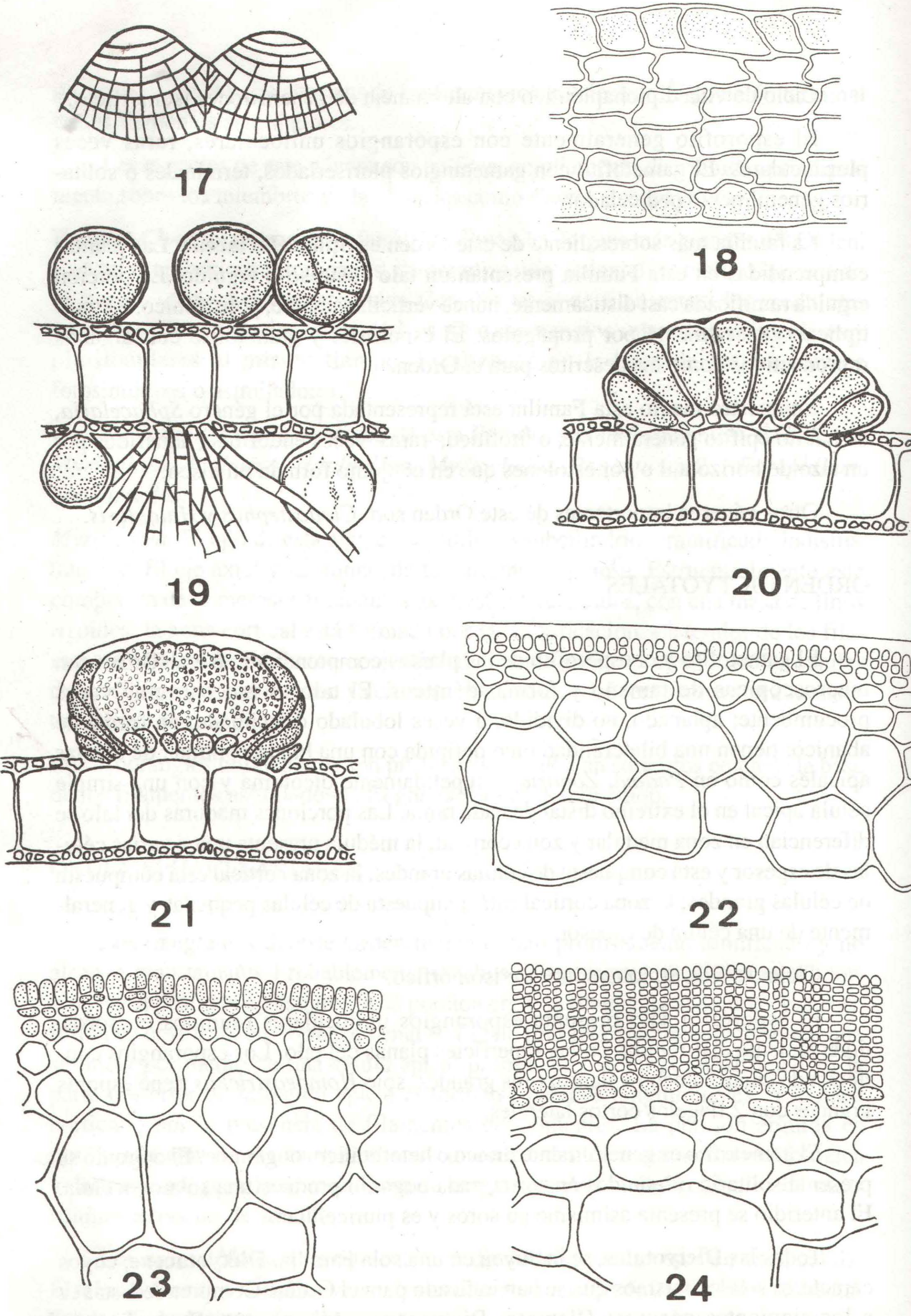
El gametofito y el esporofito de las plantas comprendidas en este Orden son macroscópicas de tamaño y forma idénticos. El talo es erecto, raras veces procumbente; aplanado, no dividido, a veces lobulado o laciniado, en forma de abanico; tienen una bilateralidad bien definida con una hilera continua de células apicales como en *Padina, Zonaria*, o repetidamente dicótoma y con una simple célula apical en el extremo distal de cada rama. Las porciones maduras del talo se diferencian en zona medular y zona cortical; la médula presenta una a varías células de espesor y está compuesta de células grandes; la zona cortical está compuesta de células grandes; la zona cortical está compuesta de células pequeñas y generalmente de una célula de espesor.

Ciclo de vida diplohaplóntico e isomórfico.

El esporofito sólo presenta esporangios uniloculares reunidos en soros, diversamente distribuidas en las superficies planas del talo. Los esporangios contienen de cuatro u ocho aplanosporas grandes, solo *Homoeostrichus* tiene esporas grandes con 2 flagelos cortos laterales.

El gametofito es generalmente dioico o heterotálico, oogámico. El oogonio se presenta solitario o reunidos en soros, cada oogonio produce una sola ovocélula. El anteridio se presenta asimismo en soros y es pluricelular.

Todas las **Dictyotales**, se incluyen en una sola Familia: **Dictyotaceae**, cuyos caracteres son los mismos que se han indicado para el Orden. Comprende a su vez a los siguientes géneros: *Dictyota, Dictyopteris, Microzonia, Pachydictyon, Pocockiella, Stipopodium, Syringoderma, Taonia, Dilophus, Zonaria.*



Figs.17,19, 20 y 21 *Dictyota dichotoma.* **Fig.17** porción distal del talo laminar con una célula apical. **Fig. 19** Esporangio con aplanosporas en sección transversal. **Fig.20** Oogonios en sección transversal y **Fig.21** Anteridios en sección transversal. **Fig.18** *Padina* sp. sección transversal del talo laminar, médula poliestromática. **Fig.22** *Scytosiphon lomentaria* sección transversal del talo. **Figs.23, 24** *Utriculidium (= Colpomenia) durvillaei* sección transverbal del talo y estructuras reproductivas pluriloculares respectivamente.

En la flora peruana están representados por los géneros *Glossophora, Padina, Spatoglossum y Dictyota*; estos últimos propios de la zona norte de aguas tropicales.

Glossophora. Estas plantas se presentan en matas erguidas,ramificadas dicotomicamente, acintadas. En el extremo distal de cada rama se distingue una célula apical prominente. Las partes adultas del talo están cubiertas con numerosas proliferaciones liguladas o espatuladas; pequeñas. Los elementos reproductivos se localizan en tales proliferaciones. Habitan en la zona de las mareas, fijas al substrato rocoso por medio de un disco basal.

Padina. Los ejemplares de esté género son siempre erectas, raramente postradas; las ramas terminales derivan de un mismo eje basal; son laminares planas o algo dobladas longitudinalmente; en forma de abanico o reniformes, a menudo partidas en segmentos angostos. Concentricamente zonadas y con hileras de pelos de igual disposición; el margen es enrollado y su crecimiento se realiza por medio de una hilera de células iniciales marginales. Los órganos reproductivos se distribuyen en bandas, en áreas definidas con respecto a la zona de pelos. Algunos especímenes se presentan parcial o totalmente calcificadas

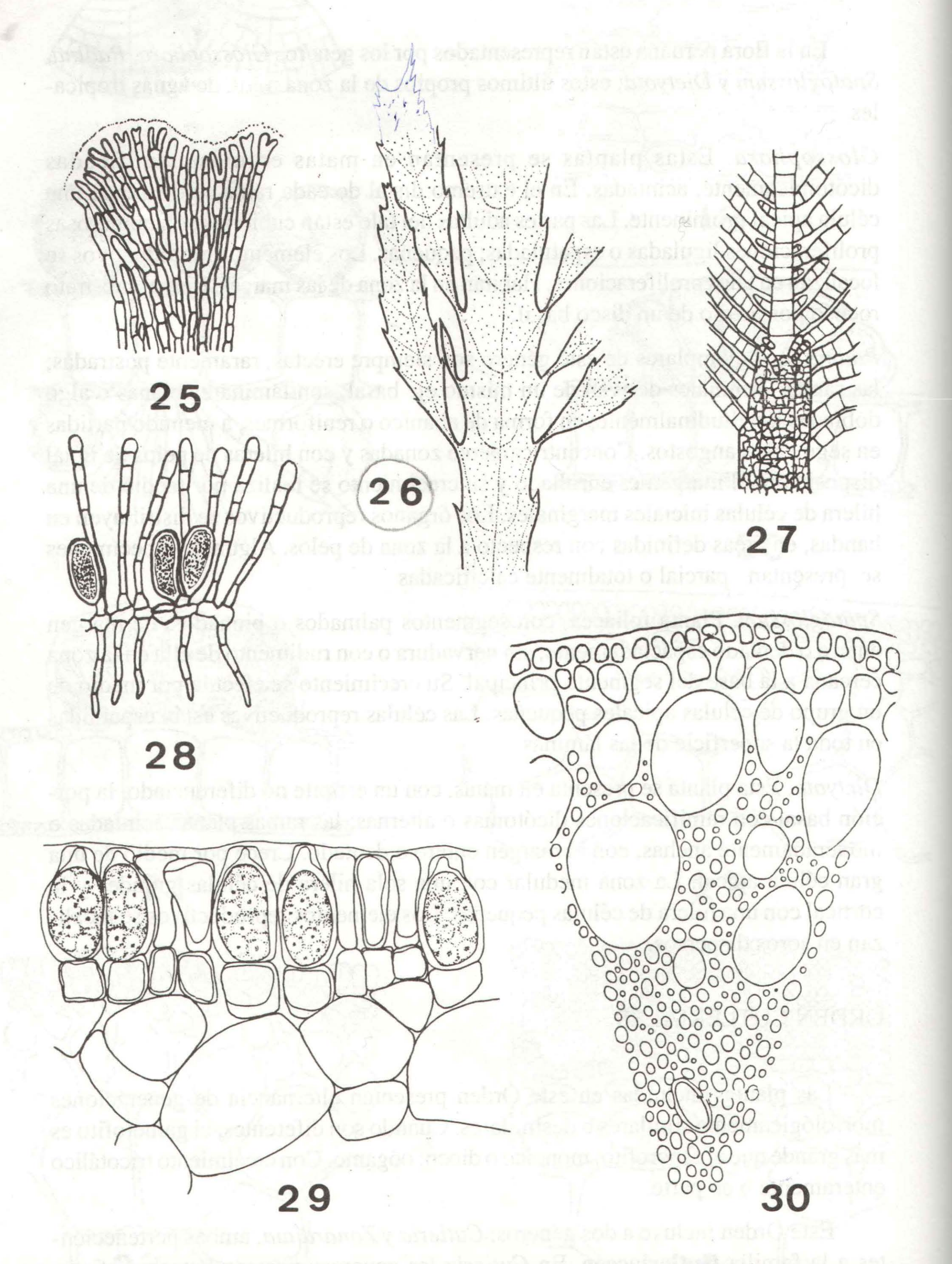
Spatoglossum. Planta foliácea, con segmentos palmados o pinnados, de margen entero o dentado espaciadamente; sin nervadura o con rudimento de ella en la zona cercana a la base del segmento principal. Su crecimiento se efectúa por medio de un grupo de células apicales pequeñas. Las células reproductivas están esparcidas en toda la superficie de las láminas.

Dictyota. Esta planta se presenta en matas, con un estípite no diferenciado, la porción basal con ramificaciones dicótomas o alternas; las ramas planas acintadas o moderadamente anchas, con el margen entero o dentado. Crece por medio de una gran célula apical. La zona medular con una sola hilera de células grandes y la cortical con una hilera de células pequeñas. Los elementos reproductivos se localizan en soros dispersos.

ORDEN CUTLERIALES

Las plantas incluidas en este Orden presentan alternancia de generaciones morfológicamente similares o desimilares. Cuando son diferentes, el gametofito es más grande que el esporofito; monoico o dioco; oógamo. Con crecimiento tricotálico enteramente o en parte.

Este Orden incluye a dos géneros: *Cutleria y Zanardinia*, ambas pertenecientes a la familia **Cutleriaceae**. En *Cutleria* las generaciones son heteromórficas, mientras que en *Zanardinia* son isomórficas. En todas las especies de *Cutleria*, la generación asexual diploide consiste de un talo postrado, costroso y lobulado;



Figs.25,28 *Myrionema strangulans* porción del talo y esporangios uniloculares. **Figs.26, 27** *Desmarestia munda.* **Fig.26** porción del talo: lámina principal y ramas. **Fig.27** Filamento axial responsable del crecimiento tricotálico. **Fig.29** *Desmarestia antartica (Moe & Silva, 1989)* sección transversal del talo con esporangios uniloculares. **Fig.30** *Desmarestia tropica* sección transversal de la lámina principal.

estas formas fueron consideradas como especies de un género autónomo: *Aglaozonia* y por esta razón se las menciona como fase «Aglaozonia» del género *Cutleria*.

Las plantas sexuales haploides de *Cutleria*, son erectas y pueden alcanzar hasta 20cm. de longitud, repetidamente ahorquilladas, con las ramas acintadas que terminan en un mechón de pelos, o en forma de abanico con pelos en su margen.

Las plantas fértiles producen dos tipos de gametangios pedicelados pluriloculares que originan a los anisogametos. El esporofito marrón oscuro, costroso, flabelado, lobulado, su talo es parenquimatoso, con células apicales marginales. Las plantas fértiles llevan soros de esporangios uniloculares que producen zoosporas.

ORDEN DESMARESTIALES

Los integrantes de este Orden, presentan generaciones heteromórficas; el esporofito es macroscópico y el gametofito microscópico y filamentoso.

El esporofito presenta un disco basal adhesión, la parte erguida es siempre ramificada pinnadamente, a veces profusamente, con el eje axial y las ramas cilíndricas o aplanadas; alternas u opuestas. El crecimiento es tricotálico, por lo menos al comienzo e iniciado por un solo filamento. Tanto el eje principal como también las ramas presentan filamentos ramificados uniseriados, con muchos cromatóforos, deciduos o persistentes; laterales en posición o en hileras transversales.

Los esporofitos presentan sólo esporangios uniloculares, dispersos unos de otros o reunidos en soros.

El gametofito es filamentoso, ramificado, heterotálico y oogámico. El gametofito masculino produce un solo anterozoide en cada anteridio y el femenino lleva un solo oogonio.

Este Orden es representativo de las aguas frías de ambos hemisferios; constituye un elemento dominante de la vegetación sublitoral de la región Antártica. Algunas especies son anuales, mientras que otras persisten por más de un año.

Todas las Desmarestiales, están incluidas en una sola Familia: **Desmarestiaceae**, cuyos caracteres son los mismos dados para el Orden. El género representativo en nuestra flora es *Desmarestia*. El esporofito de este género es generalmente grande, presenta un disco basal de adhesión; la porción erguida es sólida, filiforme, aplanada acintada o ampliamente membranácea, con una costilla media o sin ella; con ramificaciones pinnada, alterna u opuesta. El crecimiento apical del eje principal y de las ramas es tricotálico e iniciado por una región meristemática intercalada de un filamento simple. Las porciones adultas del eje axial y las ramas son sólidas, parenquimatosas; con células progresivamente más

pequeñas desde la parte central hacia la superficie, y con una hilera de células axiales, grandes y uniseriadas. El eje axial y las ramas presentan filamentos terminales decíduos.

El esporofito presenta solamente esporangios uniloculares, éstos ocasionalmente desarrollan de los filamentos terminales de las ramas; generalmente de las células superficiales de las porciones adultas. En este último caso, el esporangio se encuentra embebido en el talo, disperso o agrupado en soros.

El gametofito es microscópico, filamentoso y heterotálico. El anteridio es unicelular y produce un solo anterozoide biflagelado. El gametofito femenino lleva el oogonio en posición terminal o intercalar, erecto, cilíndrico, más grande que las células vegetativas. Después de la fertilización el zigote da lugar a un esporofito joven aún adherido al oogonio.

Otros géneros de las **Desmarestiaceae** son *Himantothallus y Phaeurus* propios de la región antártica.

ORDEN SPOROCHNALES

Este es un Orden pequeño de las Algas Pardas, cuyos esporofitos presentan el talo cilíndrico o comprimidos ligeramente. Estructuralmente son haplósticos, con los filamentos medulares muy juntos entre si formando un pseudoparénquima, con una o dos hileras de células corticales pigmentadas que derivan por división periclinar de las células más externas de la médula, con la superficie lisa, con papilas o con un mechón terminal o lateral de pelos fotosintéticos simples. Las células fotosintéticas, así como los pelos con numerosos cromatóforos discoidales y sin pirenoides.

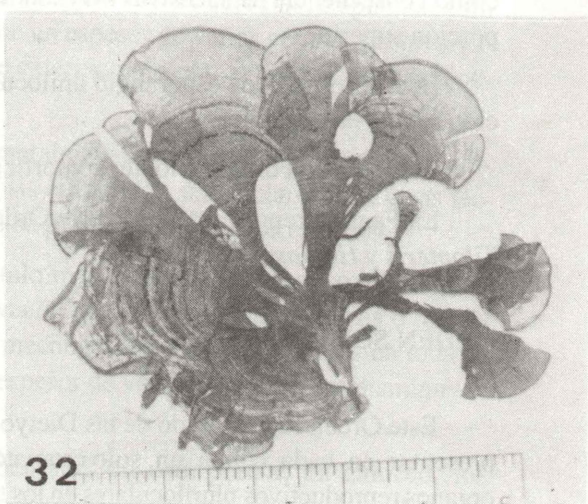
Los esporofitos con esporangios uniloculares, sésiles, en las células corticales o agrupados en soros rodeados de abundante parafisis.

Ciclo de vida diplohaplóntico y heteromórfico, con los esporofitos notorios y los gametofitos filamentosos microscópico, monoico o dioico y oógamos.

Este Orden tiene una sola **Familia Sporochnaceae** que comprende a géneros restringidos al Hemisferio Sur como *Sporochnus, Carpomitra, Bellotia, Perithalia, Encyothalia, Nereia y Austronereia.*

ORDEN TILOPTERIDALES

Los pocos miembros de este Orden tienen el talo filamentoso, con ramificación pinnada irregular. Morfológicamente semejan a las Ectocarpales, muestran una organización multiseriada o parenquimatosa en la porción inferior del talo,



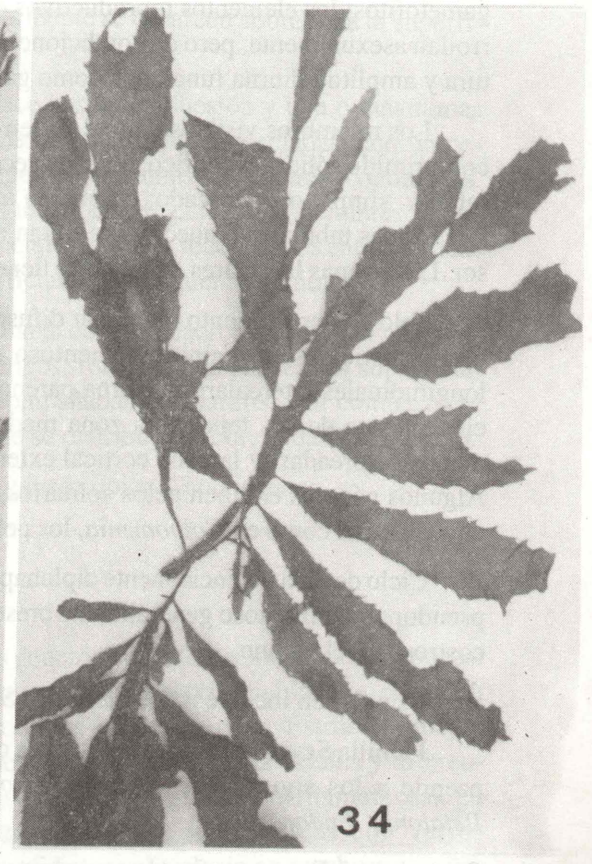


Fig.31 *Hincksia mitcheliae* filamentos con gametangios plurilocular, pluriseriado. **Fig.32** *Padina* sp. detalle del talo laminar parenquimatoso. **Fig.33** *Desmarestia herbacea* parte del talo. **Fig.34** *Desmarestia firma* porción basal del talo.

como consecuencia de sucesivas divisiones longitudinales y son uniseriadas en la porción superior.

El esporofito tiene esporangio unilocular terminal o intercalar y la reproducción sexual es oogámica.

Ciclo de vida diplohaplonte isomórfico.

La Familia representativa de este Orden es **Tilopteridaceae** con los géneros *Tilopteris y Haplospora*.

ORDEN SCYTOSIPHONALES

Este Orden fue separado de las Dictyosiphonales por Feldmann (1949) por presentar en cada célula un solo cromatóforo con un pirenoide y por tener sólo órganos reproductivos pluriloculares en los talos macroscópicos considerados como gametofitos; los elementos reproductivos de estas estructuras pluriloculares desarrollan asexualmente, pero en condiciones especiales del ambiente como temperatura y amplitud diurna funcionan como gametos.

Los miembros visibles de este Orden -es decir los gametofitos- tienen el talo comprimido sólido, cilíndrico, algunas veces filiformes y ramificados; otras veces; tubular simple o ramificado; o también aplanado, acintado o folioso expandido. Las formas tubulares o huecas, presentan una pared de una o más células de espesor. Las formas laminares en cambio, tienen un espesor de dos o más células.

Talo con crecimiento intercalar difuso, o crecimiento sub-apical. Con estructura polistica al principio filamentoso son uniseriados, luego por divisiones longitudinales intercalares se torna parenquimatoso, con una marcada diferenciación interna de sus tejidos: la zona medular interna con células grandes más o menos coloreadas, y la zona cortical externa con células fotosintéticas pequeñas. Algunos géneros exhiben pelos solitarios, o en mechones, sobre la superficie del talo, en otros como en *Colpomenia*, los pelos presentan en depresiones especiales.

Ciclo de vida potencialmente diplohaplóntico y heteromórfico, con gametofitos pseudoparenquimatoso generalmente presente en el invierno y esporofito discoidal costroso en el verano.

Este Orden incluye a dos Familias: **Scytosiphonaceae** y **Choonosporaceae**.

Familia **Scytosiphonaceae**. Con los caracteres indicados para el Orden, comprende a los siguientes géneros: *Scytosiphon, Colpomenia, Hydroclathrus, Petalonia, Endarachne*.

Scytosiphon. El gametofito de esta planta es gregario, erecto, reunido en un disco basal común. La porción erguida es tubular, no ramificada; al comienzo sólido,

más tarde se torna hueco, con constricciones laterales a intervalos, o aplanados sin constricciones. La porción medular tiene un espesor de varias células, progresivamente más pequeñas hacia la superficie externa; presentan o no, mechones de pelos.

Los esporangios pluriloculares, generalmente son uniseriados, de varias células de altura, entremezclados con parafisis cilíndricos, unicelulares. Las áreas fértiles cubren toda la superficie del talo o se presentan agrupados en soros.

Colpomenia. Este género presenta un talo más o menos globoso, sólido cuando joven, más tarde se hace hueco y se llena de agua. El talo adulto es más o menos achatado, de superficie irregular y con mechones de pelos distribuidos en toda su amplitud. La porción medular tiene un espesor de varias células, éstas disminuyen en tamaño hacia la superficie.

No se conoce esporangios uniloculares en esta planta; en cambio, los esporangios pluriloculares se reúnen en soros, al comienzo alrededor de los mechones de pelos multicelulares y posteriormente se esparcen sobre toda la superficie del talo.

Petalonia. El gametofito presenta un disco basal de adhesión y una o más ramas laminares erectas. Las ramas son lineales oampliamente lanceoladas, con un pequeño estípite en la región basal; el margen de las ramas son enteras o onduladas. La superficie del talo presenta pequeños mechones de pelos multicelulares. Internamente las ramas están constituidas por células grandes, redondeadas entrecruzadas con otras filamentosas; las células superficiales son pequeñas y cúbicas.

No se conocen esporangios uniloculares en este género; sólo se han observado esporangios pluriloculares, subcilíndricos, formados de las células superficiales, se presentan erectas en hileras y acompañadas por parafisis; al comienzo se localizan en áreas fértiles, posteriormente se distribuyen sobre toda la superficie.

Familia Choonosporaceae con el género típico *Choonospora.*

ORDEN DICTYOSIPHONALES

Este Orden comprende a numerosos géneros morfológicamente heterogéneos: unos son como mechones pulvinados diminutos en la **Myriotrichiaceae**, otros son foliosos o con el talo sacciforme como en las **Punctariaceae**. Estructuralmente son polísticas, constituidas por divisiones longitudinales de las células y diferenciadas en una médula amplia con células globosas grandes o filamentosas no pigmentadas y una corteza de células pequeñas fotosintéticas con varios cromatóforos por célula y con pelos superficiales solitarios o en mechones.

Los esporofitos tienen esporangios uniloculares o pluriloculares, agrupados en soros en la corteza.

Ciclo de vida diplohaplóntico y heteromórfico, con el esporofito macroscópico y el gametofito microscópico; generalmente isógamos. Algunos autores han demostrado en cultivos, que géneros como *Hecatonema y Streblonema* son fases en el Ciclo de vida de otros géneros de este Orden.

Este Orden comprende a las siguientes Familias y géneros respectivos:

Familia Dictyosiphonaceae con *Dictyosiphon.*
Familia Punctariaceae con *Punctaria, Soranthera, Hecatonema, Asperococcus.*
Familia Myriotrichiaceae con *Myriotrichia*
Familia Stririaceae con *Striaria y Stictyosiphon y*
Familia Giraudiaceae con *Giraudia.*

ORDEN LAMINARIALES

Los géneros incluidos en este Orden, presentan una alternación de generaciones heteromórficas. La generación esporofítica es altamente diferenciada y macroscópicos.

El esporofito es relativamente grande, sobrepasa a 1m. en tamaño. En general son las más grandes de todas las algas. Estructuralmente son también las más complejas de las Algas Pardas. El talo está diferenciado en rizoide, estípite, y una o más láminas; con excepciones de *Chorda* que posee un talo en forma de cinta. El rizoide raras veces se presenta en forma de disco, generalmente semeja una raíz, con ramificaciones en forma de ganchos o hapterios, o llevan estolones de los cuales desarrollan nuevas plantas. El estípite es generalmente cilíndrico, simple o ramificado, con neumatóforo en su extremo distal como en *Nereocystis y Ecklonia* o en la base de las ramificaciones como en *Macrocystis*. La lámina es de forma variada, entera o hendida, clatrada como *Agarum*.

El esporofito crece en longitud por actividad de un meristema intercalar ubicado en una zona de transición entre el etípite y la lámina. Estructuralmente las **Laminariales** por ser más complejas presentan cuatro tejidos concéntricos:

-Una zona medular central con células alargadas no coloreadas, paralelas o entrecruzadas: las **hifas**; algunas de ellas ensanchadas en sus extremos, con o sin láminas cribosas y filamentos horizontales articulados.

-Una zona intermedia interna a la corteza, con células poligonales en sección transversal y que decrecen en diámetro hacia la corteza.

-La corteza externa, donde las células poseen extremos terminados en punta; esta zona presenta anillos y contienen glándulas y canales mucilaginoso.

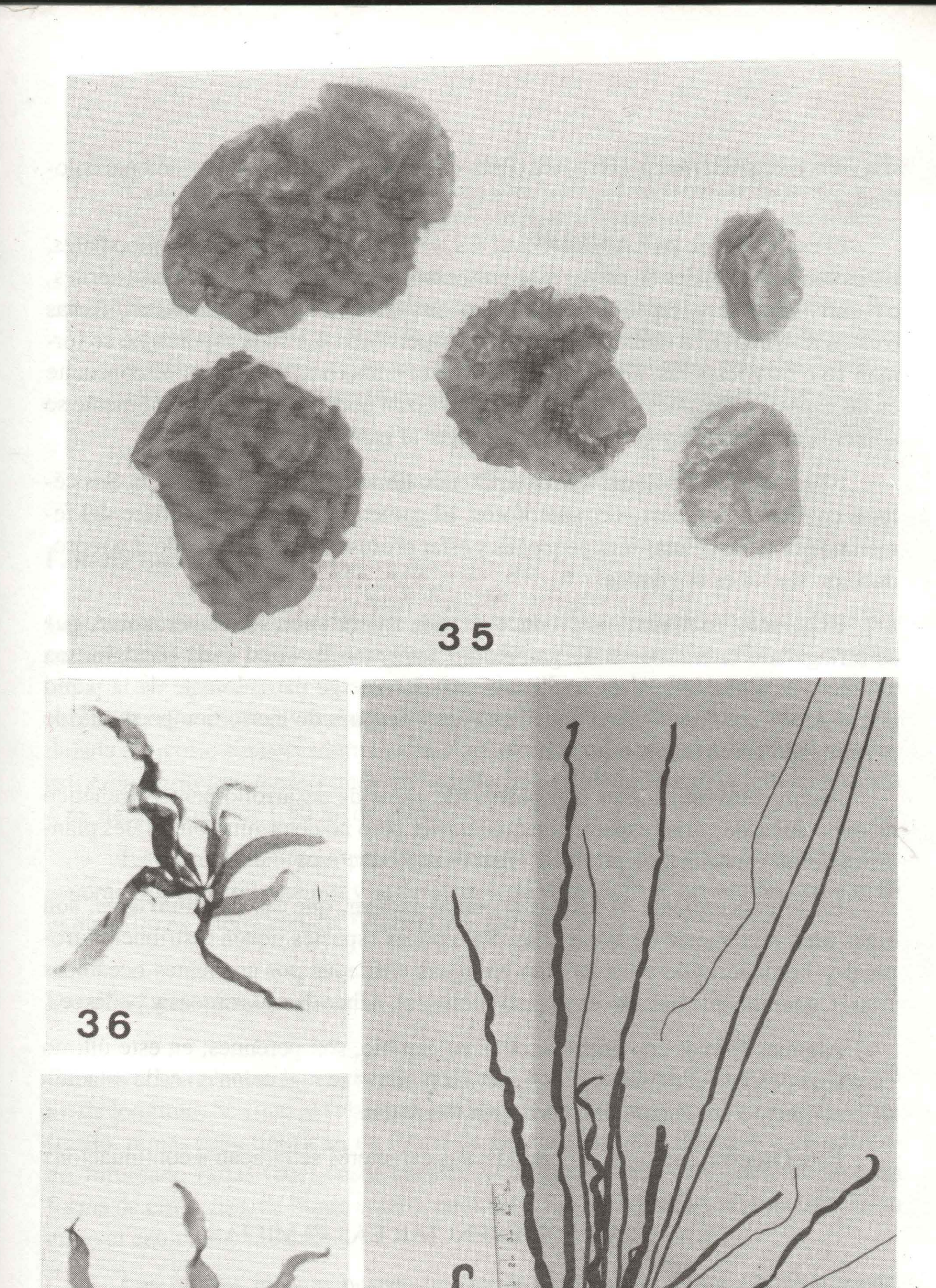


Fig.35 *Colpomenia* sp. detalle del talo globoso e irregular. **Figs.36 y 37** *Endarachne binghamiae* morfología del talo laminar, gragario y con un disco basal común. **Fig.38** *Scytosiphon lomentaria* detalle del talo cilíndrico, hueco y con constricciones.

-La zona meristodérmica, con 1, o 2 capas de células pequeñas, intensamente coloreadas.

El esporofito de las LAMINARIALES, sólo produce esporangios uniloculares. Estos son superficiales en origen y se presentan acompañados por células estériles, o parafisis que se agrupan en soros en ambas superficies de las láminas ordinarias o están restringidas a láminas especiales o esporófilos. En cada esporangio se forman 16 o 64 zoosporas, a veces 128, aunque el número es más o menos constante en las especies. Después de liberados se movilizan por cierto tiempo, finalmente se adhieren al substrato y germinan dando lugar al gametofito.

El gametofito es filamentoso, ramificado libremente y microscópico. Sus células contienen numerosos cromatóforos. El gametofito masculino difiere del femenino por tener células más pequeñas y estar profusamente ramificado. La reproducción sexual es oogámica.

El gametofito masculino produce en cada anteridio un solo anterozoide, que es biflagelado lateralmente. El gametofito femenino lleva en cada oogonio una simple ovocélula, la cual es fertilizada cuando emerge parcialmente de la pared oogonial. El zigote secreta su pared celular y después de cierto tiempo se divide germinando en un nueve esporofito.

Algunos investigadores han observado casos de desarrollo pantenogenético en ovocélulas de varias especies de *Laminaria*, pero no determinaron si tales plantas tuvieron capacidad de producir órganos reproductivos.

En lo concerniente al hábitat debemos indicar, que las **Laminariales**, son algas preferentemente de aguas frías. Solo pocas especies tienen distribución tropical y la mayoría de ellas habitan en aguas enfriadas por corrientes oceánicas frías. Generalmente habitan en el piso sublitoral, adheridas a las rocas y peñascos.

Algunas formas son anuales, otras en cambio, son perennes; en este último caso sólo persiste el rizoide o el estípite; las láminas se regeneran en cada estación de crecimiento por acción del meristema intercalar.

Este Orden comprende 3 Familias; sus caracteres se indican a continuación:

CLAVE PARA DIFERENCIAR LAS FAMILIAS

1. Esporofito con estípite no ramificado; sin láminas laterales; con una lámina lateral de forma variada, simple o ramificada, entera o hendida, con una nervadura central o sin ella, de superficie lisa o arrugada. Los soros se localizan sobre las láminas; nunca sobre los esporófilo. .... **Laminariaceae**
Géneros principales:
Laminaría, Agarum, Costaria, Phyllaria, Pleurophycus, Saccorhiza, Thalassiophyllum.

1'. Esporofitos con estípite ya ramificados o con apéndices laterales; o ambos a la voz 2

2. Estípite ramificado regularmente o casi dicotomicamente, sin apéndices laterales. Cada rama del estípite termina e una sola lámina. Los esporangios reunidos en soros localizanen láminas o están restringidas a los esporófilo ...... **Lessoniaceae**
Géneros importantes:
Lessonia, Lessoniopsis, Macrocystis, Nereocystis, Pelagophycus, Postelsia.

2'. Estípite ramificado, o no ramificado, con apéndices laterales, terminalmente lleva una simple lámina, dividida algunas veces, en cambio existen proliferaciones marginales que desarrollan en forma de segmentos laminares pinnados. La lámina terminal con una nervadura central o sin ella. Los esporangios se localizan en los esporófilos .... **Alariaceae**
Géneros representativos:
Alaria, Ecklonia, Egregia, Eisenia, Phyllogigas, Pterygophora, Undaria.

Familia Laminariaceae

Laminaria. Los individuos de este género se presentan adheridos al substrato por medio de un disco basal masivo o ramificado irregularmente; el etípite es simple, cilíndrico o aplanado, lleva una sola lámina o filoide; las láminas son enteras o incompletas, a veces divididas en un número de segmentos, de superficie lisa, ondulada o rugosa, sin nervadura media. Algunas especies alcanzan hasta 10 metros, así; *Laminaria longicrucis* tiene un estípite de 5 m. de longitud, la lámina alcanza 4 m. de longitud por 1.50 m. de ancho.

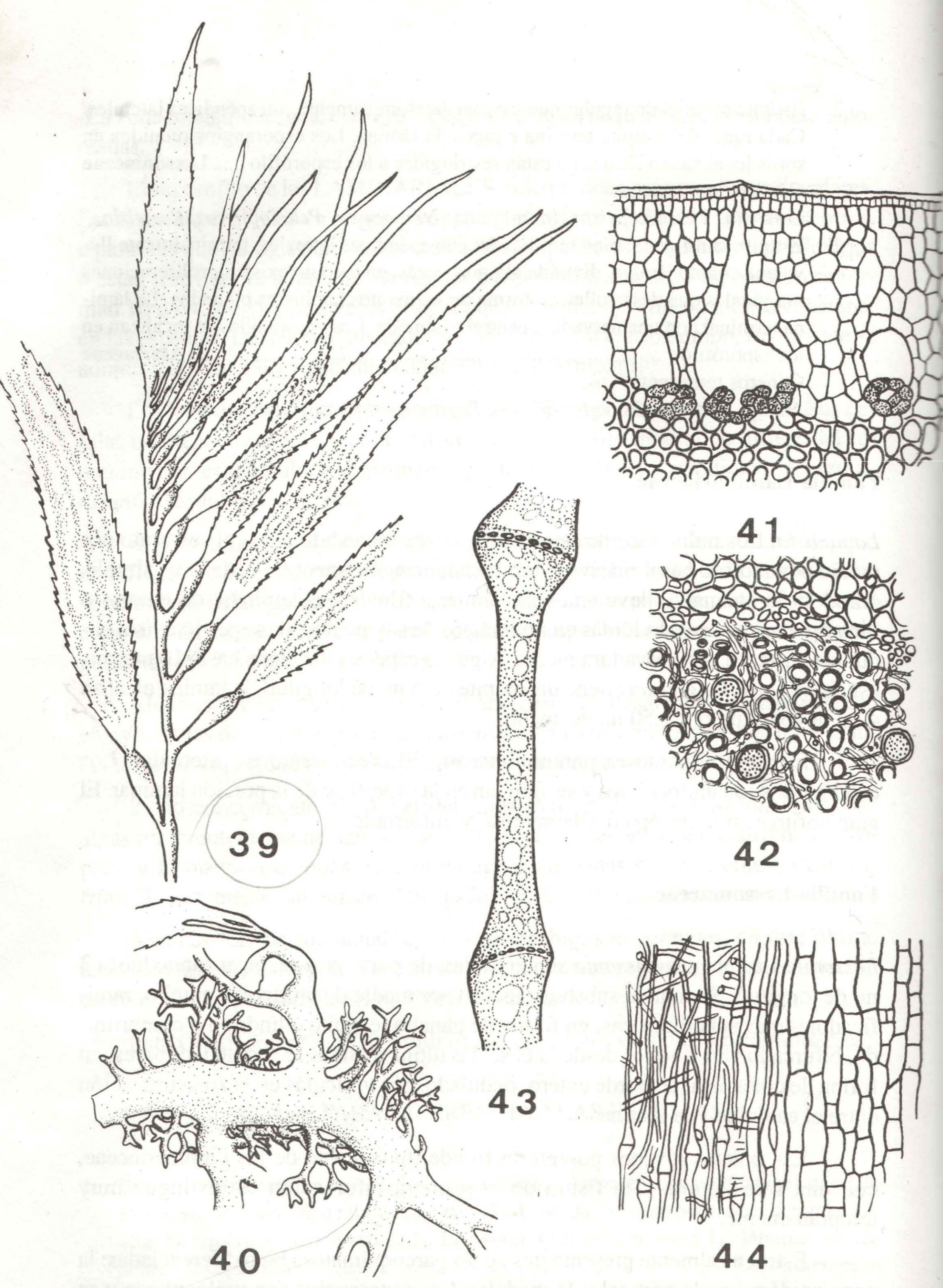
Estructuralmente es parenquimatosa. El crecimiento es intercalar. Los esporangios son uniloculares y se agrupan en la superficie de la porción laminar. El gametofito es microscópico, filamentoso y uniseriado.

Familia Lessoniaceae

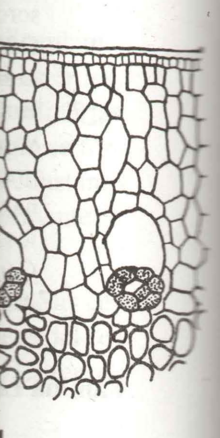
Lessonia. Las plantas *Lessonia* son erguidas, de porte grande, alcanzando hasta 3 m. de longitud. Se fijan al substrato rocoso por medio de un rizoide amplio, ramificado, ramas subcilíndricas, en forma de gancho; estípite cilíndrico o comprimido, bifurcado varias veces desde la base, las últimas ramas se tornan laminares, en forma de cinta, lisa, de borde entero, ondulado. Sin vesículas en la zona transición entre el cauloide y la lámina.

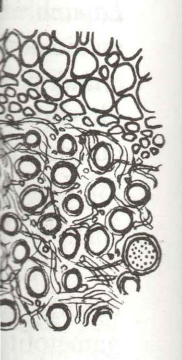
Las plantas jóvenes poseen un fronde típicamente de las Laminariaceae, con una sola lámina y la fisura de la primera bifurcación se distingue muy tempranamente.

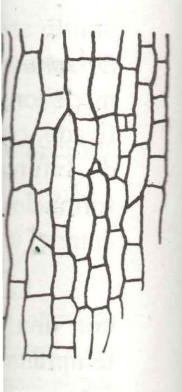
Estructuralmente presenta tres zonas parenquimatosa bien diferenciadas: la zona epidérmica, la cortical y la medular. Los esporangios son uniloculares y se agrupan en soros sobre la superficie de las láminas. El gametofito es microscópico. La especie típica para nosotros es *Lessonia nigrescens.*



Figs.39 y 40 *Macrocystis integrifolia*, detalle de la parte terminal de un eje diferenciado en: estípite, neumatóforo y filoides o laminas; lámina terminal e inicio de los nuevos filoides. Porción del rizoide con ramas hapteriformes. **Fig.41** *Laminaria* sp. sección transversal del estípite con células mucilaginosas y canal en la zona cortical externa. **Fig.42** *Eisenia* sp. porción de la zona medular del estípite con hifas, células cribosas. **Fig.43** *Alaria sculenta* detalle de un tubo criboso del estípite. **Fig.44** *Eisenia* sp. sección longitudinal del estípite diferenciado en zona cortical interna y zona medular.







o en: 'estípite,
del rizoide con
ucilaginosas y
pite con hifas,
ia sp. sección

Macrocystis. Los ejemplares de este género, alcanzan gran tamaño, sobrepasan los 50 m. de longitud. Se presentan en grandes matas, todos los ejes derivan de un solo rizoide, amplio, masivo, ramificado dicotomamente y en forma de gancho; el estípite es largo, delgado, cilíndrico, flexible, ramificado dicotomicamente 2 - 4 veces cerca a la base, llevan laminas basales sin neumatóforos, las ramificaciones son más espaciadas, en la porción más superior cada rama laminar, se originan por partición unilateral de la lámina terminal y lleva en su base un pneumatóforo globoso piriforme. Las láminas adultas son enteras, alcanzan 1 m. de longitud por 4,5 cm. de ancho, de superficie lisa o rugosa, enteras o con márgenes dentados. Los esporangios uniloculares se agrupan en soros, sobre ambas superficies de las láminas basales o esporófilos.

Estructuralmente es parenquimatosa con tres zonas bien diferenciadas: epidérmica, cortical y medular; con conductos mucilaginosos en todas las porciones de la planta. Los tubos cribosos abundan en la zona medular.

El gametofito es microscópico, filamentoso, ramificado y dioico.

Este género está representado en nuestra flora por dos especies: *Macrocystis integrifolia y M. pyrifera* que viven en aguas frías.

Familia Alariaceae

Eisenia. Este género es de hábito gregario, generalmente están provisto de un rizoide discoidal, amplio, provistos de numerosos hapterios; el estípite erguido, es cilíndrico o comprimido, más aplanado en el extremo terminal donde se ubican las láminas a manera de un penacho; las láminas son oblongas o linares, alcanzan hasta 1.40 m. de longitud, de superficie lisa o rugosa longitudinalmente, con una serie de dientes submarginales, pequeños.

Carecen de pneumatóforos, lo mismo que de canales mucilaginosos. Los esporangios uniloculares se agrupan constituyendo soros, sobre las láminas fértiles o esporófilos.

Este género está representado en la flora peruana por *Eisenia cokeri y E. gracilis.*

ORDEN FUCALES

Las plantas comprendidas en este Orden, tienen como característica más sobresaliente, el carecer de alternancia de generaciones. Las plantas son diploides y la meiosis precede a la gametogenésis.

Los miembros de este Orden son morfológicamente diversos. El talo es

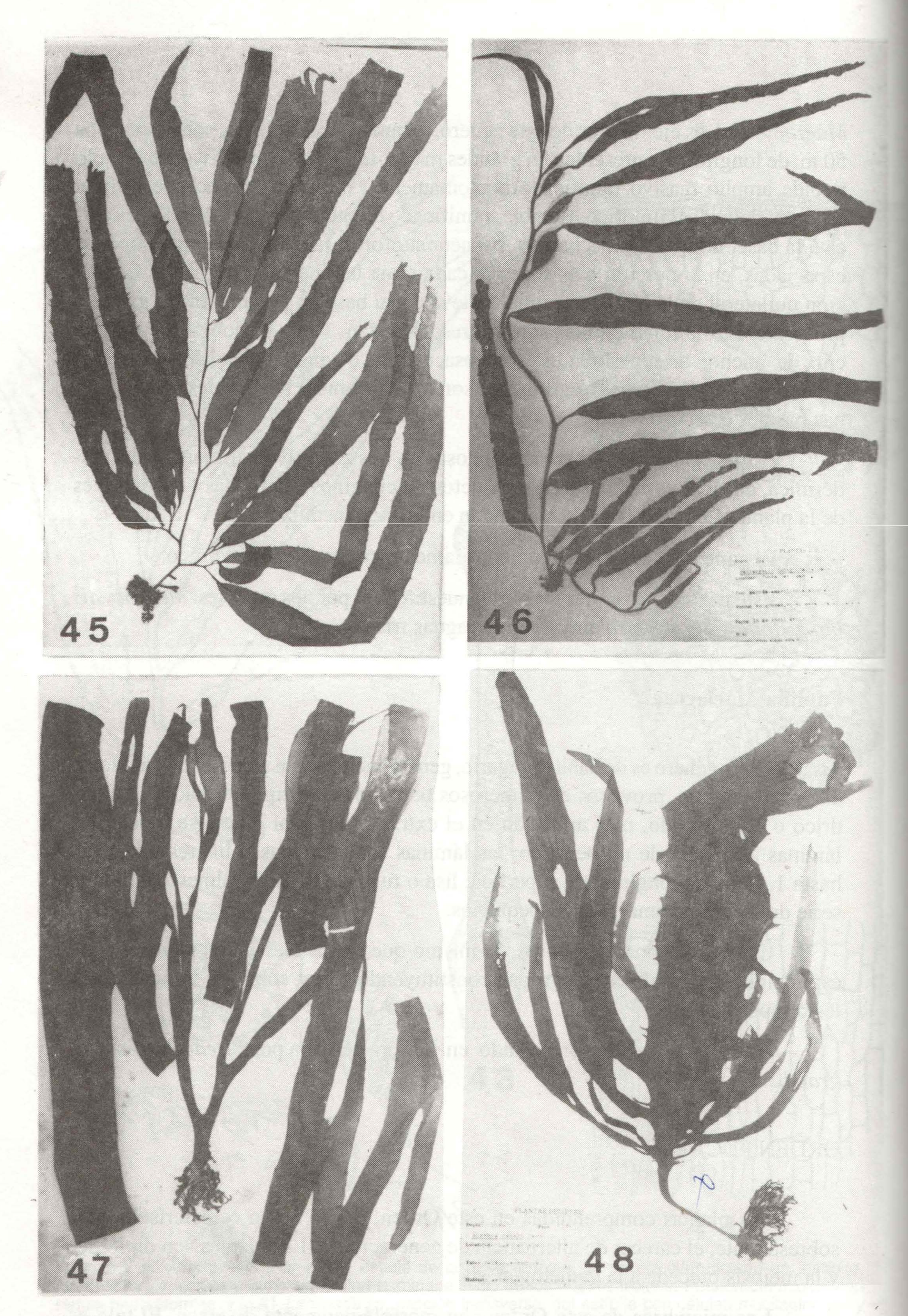
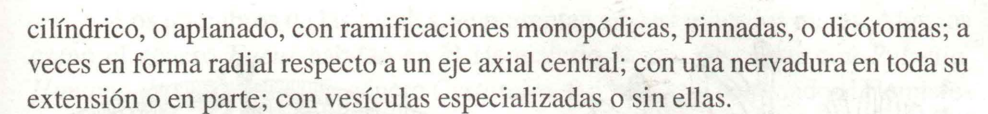


Fig.45 *Macrocystis pyrifera* var. *humboldtii* ejemplar juvenil. **Fig.46** *Macrocystis integrifolia* detalle de un ejemplar juvenil. **Fig.47** *Lessonia nigrescens* morfología general. **Fig.48** *Eisenia cokeri* detalle de un ejemplar juvenil.



cilíndrico, o aplanado, con ramificaciones monopódicas, pinnadas, o dicótomas; a veces en forma radial respecto a un eje axial central; con una nervadura en toda su extensión o en parte; con vesículas especializadas o sin ellas.

El crecimiento de las ramas se inician por medio de una célula apical, de forma característica, o por un grupo de células, o por medio de un meristema apical de división muy activa. Morfológicamente muestran una marcada diferenciación y complejidad anatómica semejante a las Laminariales, pero en muchos otros aspectos divergen totalmente de ellas.

A parte de la reproducción sexual oogámica muy notable en este grupo de algas pardas, muchos géneros se multiplican sólo vegetativamente. Cuando las plantas son fértiles, los gametangios se forman en todas o algunas de las cavidades de las ramificaciones terminales. Estas porciones fértiles se denominan: **receptáculos**, y las criptas o cavidades fértiles se llaman: **conceptáculos**. En *Fucus* y muchos otros géneros los receptáculos se diferencian de las ramas vegetativas, en cambio en *Sargassum* y géneros afines los receptáculos son ramas especializadas, las cuales se originan cuando las plantas se tornan fértiles.

En algunos casos las plantas son monoicas, presentándose tanto el oogonio como el anteridio en el mismo conceptáculo; en otros en cambio, se localizan en distintos conceptáculos. Esta condición sirve para caracterizar los géneros y aún las especies.

El conceptáculo fértil, produce numerosos pelos en su parte superior, los cuales se proyectan hacia afuera a través del ostiolo. En la parte basal de la cripta fértil se originan los paráfisis, ramificados o no ramificados y con abundantes cromatóforos. El elemento femenino llamado oogonio se forma directamente en la pared interna del conceptáculo, aunque a veces lleva un pequeño soporte unicelular. Luego de la meiosis la ovocélula es expulsada a través del ostiolo permanece incluida en una membrana oogonial mucilaginosa y de este modo se mantiene adherido al receptáculo, es decir, es retenida en la planta madre durante la fertilización y las primeras fases de su desarrollo embriológico. En otros géneros como por ejemplo *Pelvetia*, la ovocélula permanece incluida en la pared oogonial por un período más o menos prolongado, aún durante su desarrollo embriológico; se considera a este hecho como una adaptación a los extremos peligros a que están sujetas tales géneros.

El elemento masculino representado por el anteridio también se desarrolla en la pared interna del conceptáculo y se presentan en gran número. En algunos géneros se presentan sobre los parafisis ramificados. El anteridio maduro llega a contener 64 núcleos espermáticos, todos ellos funcionales; la pared anteridial presenta dos capas. Los anterozoides libres, son piriformes, con un estigma anterior y dos flagelos de inserción lateral. En contraste con lo indicado para los otros grupos de las algas pardas, los gametos masculinos de este orden, posee el flagelo posterior más grande que el anterior.

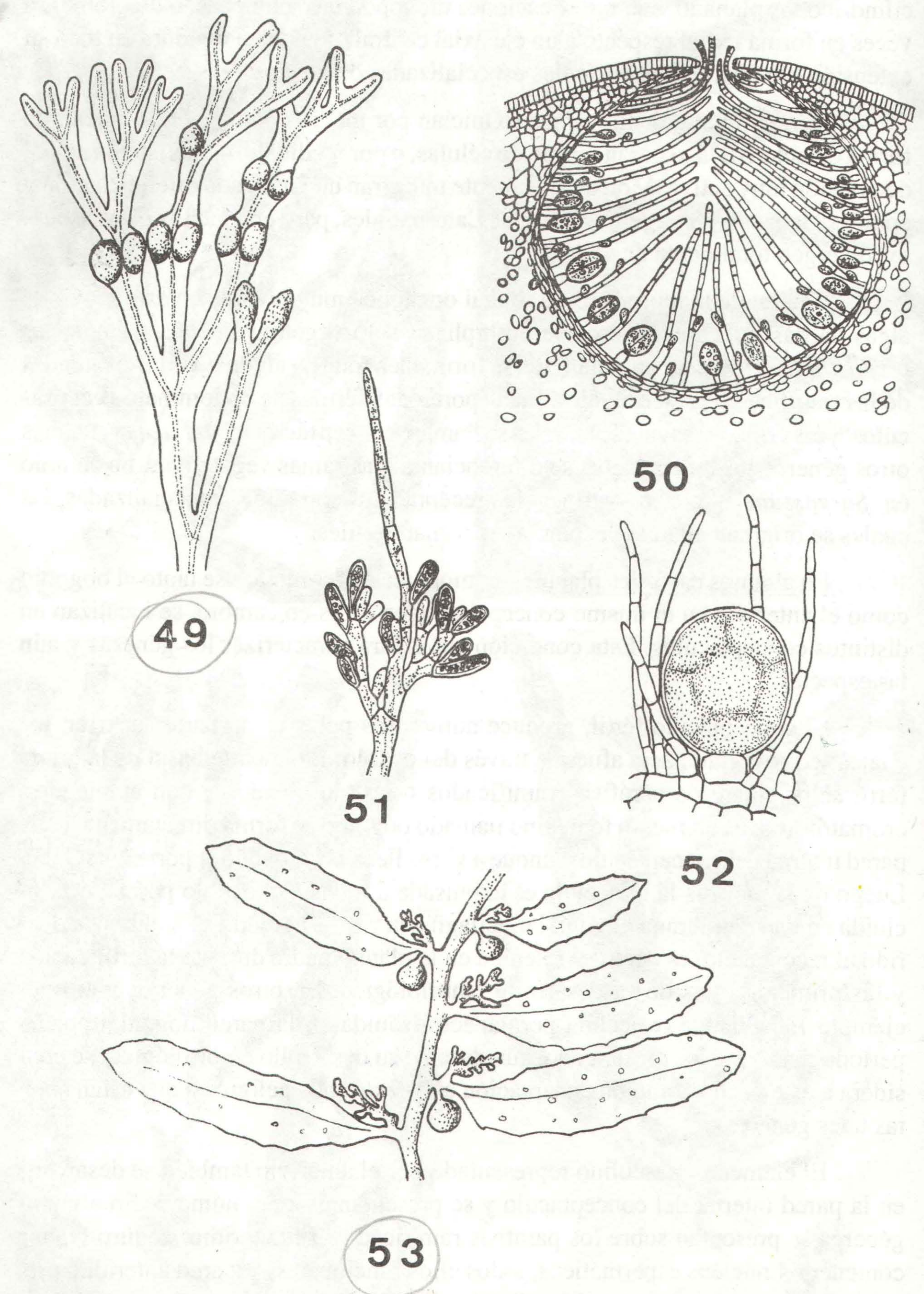


Fig.49 *Fucus* sp. porción del talo fértil parenquimatoso, dividido dicotómicamente. **Fig.50** *Pelvetia* sp. sección transversal del receptáculo o rama fértil con un conceptáculo monoico. **Figs.51 y 52** *Fucus vesiculosus*, rama anteridial y oogonio maduro respectivamente. **Fig.53** *Sargassum ecuadoreanum* porción media del talo diferenciado en estípite cilíndrico, láminas laterales, rama fértil y neumatóforos axiales.

Los miembros de las fucales, se presentan en casi todos los mares. Algunas como el género *Fucus* habitan en el Hemisferio Norte, asociadas con *Pelvetia, Himanthalia y Halidrys*. El género *Cystoseira*, también está confinado al Hemisferio Norte, aunque está más abundantemente representado en los mares cálidos del Mar Mediterráneo y los Océanos Indico y Pacífico.

El género *Sargassum*, es de amplia distribución en los mares cálidos, principalmente en aguas tropicales, aunque su centro de distribución parece ser la región Australásica: Australia y Nueva Zelandia.

En el Hemisferio Sur se presentan muchos géneros de lasfucales, como *Cystophora, Carpoglossum, Phyllospora, Scaberia, Marginariella, Seirococcus, Landsburgia, Myriodesma, Xiphonotheia, Hormosira*, los últimos tres son endémicos, mientras que *Landsburgia y Marginariella* están confinados a Nueva Zelandia.

Este orden, está integrado por las siguientes Familias: **Hormosiraceae, Ascoseiraceae, Notheiaceae, Fucaceae, Himanthaliaceae, Cystoseiraceae** y **Sargassaceae**.

Familia Fucaceae. Plantas de talo comprimido en todos sus ejes como *Fucus*, o con el eje cilíndrico con ramas laterales comprimidas como en *Ascophyllum*. Con ramificaciones dicotómicas en un solo plano o pinnadas irregularmente. Receptáculos localizados en la porción terminal de las ramas o en los apéndices laterales de origen laminar. Monoicas o dioicas.

Los géneros importantes son: *Fucus, Ascophyllum, Pelvetia, Pelvetiopsis, Phyllospora, Axillaria, Marginariella, Seirococcus.*

Fucus. El talo de este género es perenne, provisto de un rizoide discoidal o de forma irregular. La porción erguida está ramificada dicotomicamente, las ramas son aplanadas, con una nervadura media más o menos notoria. Con vesícula, o pneumatóforo, de forma definida y dispuestas lateralmente por pares respecto a la nervadura.

Los elementos reproductivos se localizan en los conceptáculos embebidos en los extremos de las ramas dicótomas.

Familia Sargassaceae. Los géneros incluidos en esta familia tienen el talo con ramificación radial respecto a un eje central; diferenciado en rizoide, estípite, y ramificaciones de varios órdenes, pinnadas, laminares, o cilíndricas; las últimas ramas generalmente con pneumatóforos. Los conceptáculos se localizan en la parte superior de las ramificaciones laterales modificadas, éstas se desintegran después de la fertilización. Géneros importantes: *Sargassum, Turbinaria, Cystophora, Carpophyllum, Cystoseira, Landsburgia.*

Sargassum. Los ejemplares de este género, tienen tamaño moderado, a veces son grandes. El rizoide diferenciado es masivo, lobulado, irregular; el estípite es cilíndrico y de ramificación monopódica, las ramas laterales son filiformes, en forma de ganchos, o expandidas laminares, semejan hojas verdaderas, de borde entero o dentado, con una nervadura central; con pequeñas vesículas laterales.

Los receptáculos son de posición axilar, paniculadas, más o menos arqueadas, cilíndricas o nudosas algo aplanadas o cerradas.

ORDEN DURVILLAEALES

Este Orden estuvo incluido en las Fucales como una familia independiente, por las características de su ciclo de vida diplóntico y por llevar los anteridios y oogonios en conceptáculos, embebidos en la corteza y provistos de un ostiolo.

Como Orden comprende a plantas de talo masivo, que alcanzan hasta 10 m. de longitud, tienen un disco rizoidal grande y grueso,lleva un estípite grueso, cilíndrico de 1 m. de largo, con la parte distal aplanada y ramificada en muchos segmentos angostos en forma de cinta y dispuestas en un solo plano. Estructuralmente son haplósticas, diferentes en un meristoderma de células pequeñas provistas de 2 o 3 cromatóforos discoidales pequeños, sin pirenoides, una zona cortical de células isodiamétricas no pigmentadas y una zona medular filamentosa con o sin cámaras aéreas, con tubos cribosos. El crecimiento es difuso y ocurre generalmente en el ápice de las ramas.

La reproducción sexual es oogámica, los elementos sexuales se localizan en conceptáculos dispersos sobre el fronde. La meiosis ocurre durante la gametogénesis. Son dioicas.

Este Orden comprende a una sola familia Durvillaeaceae con el género típico ***Durvillaea*** y cuatro especies que habitan exclusivamente las aguas frías del Hemisferio Sur y en las regiones subantárticas. *D.antartica* habita en la región subantártica de América del Sur.



14

DIVISIÓN RHODOPHYTA

Sistemáticamente esta División, incluye a un grupo amplio de Algas, representadas en su mayoría por formas unicelulares, filamentosas a parenquimatosas, en su mayoría de hábito marino. Alcanza cerca de 675 géneros y 4,100 especies, conocidas todas como Algas Rojas.

Todas las Rhodophyta, se caracterizan por presentar en sus cromatóforos como pigmentos accesorios dos ficobilinas: la ficoeritrina y la ficocianina; por esta razón el color predominante en el talo es el rojo o rosado en diversos grados; sin embargo, este carácter no es uniforme, porque es fácil confundir en la zona de las mareas una alga roja y una alga verde teniendo en cuenta el color que ellas presentan. Existen por ejemplo especímenes del género *Grateloupia* (alga roja), tan verdes como el género *Ulva* (alga verde); o son pardas como *Ahnfeltia* que se confunden con las pertenecientes a las Phaeophyta. En estos géneros la ficoeritrina determinante del color rojo o rosado está enmascarada por otros pigmentos, no siendo perceptible en la coloración roja característica o simplemente la ficoeritrina sufre una fotodestrucción. En la zona del sublitoral, casi todas las Rhodophyta son invariablemente de color rojo o rosado por la ficoeritrina y su función con respecto a la luz en tales profundidades. Es frecuente observar, que individuos de una misma especie como es el caso de *Grateloupia doryphora* muestren una coloración variada de acuerdo con su distribución vertical; esta capacidad para modificar la proporción de sus pigmentos en relación con la intensidad lumínica se denomina adaptación cromática.

Almacenan como reserva gránulos de almidón de florideas, dispersos en todo el citoplasma.

Otro carácter sobresaliente de las Rhodophyta, es la falta de formas flageladas en las formas vegetativas y estructuras de reproducción. El gameto masculino o espermacio no flagelado, se une al gameto femenino o carpogonio no móvil por movimientos ameboides ayudado por el mucílago presente en el talo.

En un grupo muy reducido de las algas rojas, el zigote produce directamente carposporas; en la mayoría, en cambio, hay una fase de postfertilización: el carposporofito se origina del gametofito femenino, incluyendo en este proceso a diferentes tipos de células o estructuras. Estas marcadas peculiaridades en el proceso de la reproducción, tienden a sugerirnos un común ancestro de las **Bangiophycidae** y las **Floridiophycidae**, pero probablemente divergentes en sus primeros estadios.

Muchas especies de las Rhodophyta, presentan una **alternancia trifásica de generaciones**, siendo los gametofitos, carposporofito y esporofito generalmente isomórficos o diferentes marcadamente como veremos más adelante.

14.1 ORGANIZACIÓN VEGETATIVA

Las algas rojas, están representadas vegetativamente por formas microscópicas unicelulares, coloniales a filamentosas como *Asterocystis, Porphyridium, Rhodosorus* y formas macroscópicas variadas filamentosas a parenquimatosas como la mayoría.

El talo tiene generalmente una construcción filamentosa, aunque esta condición no sea visible en su desarrollo posterior al transformarse las células en un tejido parenquimatoso o pseudoparenquimatoso. El crecimiento del talo se efectúa por medio de una célula apical prominente en las **Floridiophycidae**, que contrasta con el crecimiento difuso de las **Bangiophycidae**.

Algunas especies menos especializadas de ambas Subclases, como *Acrochaetium o Erythrotrichia* muestran una organización filamentosa heterotrica. Esta condición se reconoce mejor en los estadios juveniles de los miembros más primitivos de las **Floridiophycidae** como en las Nemalionales, siendo más difícil en los Ordenes más evolucionados como las Ceramiales.

La forma cilíndrica del talo que presenta muchos géneros de las Rhodophyta, es el resultado de la agregación de las ramificaciones de un filamento o de muchos filamentos derivados todos de una porción postrada. Cuando la ramificación es más o menos abundante el desarrollo foliáceo se manifiesta de distintos modos presentando su más alta especialización en la Familia **Delesseriaceae.**

En comparación con las Algas Pardas, pocas Floridiophycidae, muestran una marcada complejidad en su morfología externa. Indudablemente la iluminación juega un rol importante en la determinación de la organización del talo. Por otro lado, debemos indicar que un número insignificante de las algas rojas alcan-

zan tamaños considerables como *Grateloupia* que sobrepasa los 2 metros de longitud. La mayor parte de las especies, presentan porciones perennes de diversos tamaños, a partir de las cuales desarrollan nuevas plantas. Más detalles sobre la morfología se indican en cada una de las Subclases.

Nuestro conocimiento de especies fósiles dentro de las algas rojas es insignificante y sólo se han encontrado formas coralináceas del Cretácico, como *Archaeolithophyllum* conservadas gracias a su condición calcárea, las formas delicadas y gelatinosas no tienen registros fósiles convincentes, sólo hay datos escasos de algunas asignadas tentativamente a la Cryptonemiales, Gigartinales y Ceramiales.

14.2. ESTRUCTURA CELULAR

Las células de las Rhodophyta, están organizadas de las siguientes estructuras:

14.2.1 PARED CELULAR. En la pared de las algas rojas se reconocen dos capas: una interna adherida al citoplasma, constituida principalmente por microfibrillas de celulosa, la otra externa de naturaleza amorfa, mucilaginosa, compuesta de polímeros de galactano sulfatado. Esta capa es total o parcialmente soluble en agua caliente, y la solución que se obtiene representa el 70% de la pared celular y como producto de precipitación contiene agar como en los géneros *Gracilaria, Gracilariopsis, Gelidium,* o carragenano como en *Chondrus, Gigartina* y otros como el porfirano y furcelarano.

En la pared celular de muchas algas rojas, de dos células contíguas, existe una estructura muy notoria a modo de tapón, que cubre una depresión ecuatorial entre dichas células, esta estructura se conoce como «pit connection» y se forma progresivamente sobre una apertura de conexión citoplasmática inicial.

En las **Corallinaceae**, la pared celular está calcificada notablemente, así como en otras especies de *Peyssonelia, Galaxaura y Liagora.* La incrustación de carbonato se inicia en la capa externa mucilaginosa y posteriormente compromete a la capa celulósica, permaneciendo el citoplasma protegido siempre por una lamela no calcificada. El carbonato toma la forma de calcita en las Corallinaceae o de aragonita en las otras.

14.2.2 CITOPLASMA. El Citoplasma en las Rhodophyta , no tienen mayores diferenciaciones. En las Floridiophycidae, muestran un talo grado de viscosidad y frecuentemente está adherido a la cara interna de la pared celular. Generalmente presenta una gran vacuola central, algunas en cambio, carecen de ella.

14.2.3 CROMATÓFOROS. En muchas **Bangiophycidae**, existe un solo cromatóforo axial, más o menos globoso y radiado al igual que en las **Floridiophycidae**, menos evolucionadas como *Nemalion, Helminthocladia*; la parte

central del cromatóforo es más denso y menos coloreado y de naturaleza proteica, corresponde al pirenoide. En cambio en las formas más evolucionadas como *Agardhiella, Chondrus, Phyllophora*, las células fotosintéticas contienen un solo cromatóforo grande y parietal, laminar, entero, tornándose en su estado adulto en lobulado o en forma de banda. La mayoría de las **Floridiophycidae**, contienen en sus células un número considerable de cromatóforos parietales, discoidales o lenticulares como en muchas **Delesseriaceae y Ceramiaceae**, pero carentes de pirenoides. Las **Rhodophyta** poseen clorofila **a** y **d**, ß caroteno y principalmente las ficobilinas: ficoeritrina y ficocianina, que a modo de gránulos o ficobilisomas se ubican en la superficie de los tilacoides.

El producto de reserva de las **Rhodophyta**, es un carbohidrato que en forma de pequeños gránulos se distribuyen en todo el citoplasma o alrededor de un cromatóforo. Este carbohidrato insoluble se denomina **almidón de Florideas**, el cual se considera relacionado pero no idéntico con la amilopectina de las plantas verdes, pues tiñe de amarillo-marrón con el iodo.

Muchas algas rojas acumulan también azúcares y glicósidos como floridósido, isofloridósido, maltosa y sucrosa.

14.2.4 NUCLEO. Las células jóvenes y viejas de las Bangiophycidae son siempre uninucleadas, el núcleo es de posición central o parietal. En las Floridiophycidae las células apicales pueden ser uninucleadas así como las células de otras partes del talo. En otros casos las células se tornan multinucleadas como consecuencia de sucesivas mitosis, sin que ocurra la división celular. Las células multinucleadas incrementan sus núcleos con la edad, son más numerosos cuanto más viejos sean los talos, alcanzando finalmente un número considerable.

14.3 CÉLULAS ESPECIALIZADAS Y OTRAS ESTRUCTURAS

Entre las células especializadas presentes en muchas Algas Rojas, destacan las llamadas **células secretoras** o **células vesiculares**. Esta células muestran una gran diversidad en posición y composición química, así en los géneros de la **Bonnemaisoniaceae** son de posición lateral y tienen una alta concentración de iodo; en las Ceramiales como *Antithamnion* son de posición lateral y tiene bromo. En las Rhodymeniales como *Coelothrix, Champia, Lomentaria* las células secretoras son internas, orientadas hacia la zona medular.

En otros género como *Schizymenia, Opuntiella* las células secretoras son grandes, localizadas en la zona cortical y frecuentemente se consideran como «células glandulares».

En general, la función de las células secretoras no se conoce con claridad.

Muchos géneros de las Algas Rojas como *Callithamnion, Gigartina, Gastroclonium, Champia y Laurencia* entre otros, muestran una marcada iridiscencia

azul-verde frente al reflejo luminoso. Algunos autores atribuyen este fenómeno a la presencia de cuerpos iridiscente variados en las células. En ciertos casos no existe una causa morfológica como responsable de este fenómeno.

Entre otras estructuras presentes en las Algas Rojas destacan **los rizoides, las agallas o tumores** y **los zarcillos**.

Los rizoides, son variados en origen y forma en los distintos géneros de las **Bangiophycidae y Floridiophycidae**, así en las **Ceramiales** como *Griffithsia* el rizoide es unicelular, irregular. En los géneros *Bangia y Porphyra* el disco rizoidal se forma por la agrupación convergente de los filamentos rizoidales que se originan de las células basales del talo cilíndrico o laminar respectivamente. En otros casos como en *Pterocladia caloglossoides* los filamentosrizoidales se agrupan de trecho en trecho en el lado ventral del talo comprimido, dando lugar a un talo estolonífero. En otras Algas Rojas tales como *Rhodymenia flabellifolia* se observa un rizoide multicelular, parenquimatoso, ramificado y hapteriforme.

Las agallas o tumores están presentes en numerosos géneros de las Algas Rojas, se originan por causas diversas: virus, bacterias u otras. Las células del talo reaccionan formando excrecencias de aspecto característico como las formas globulares irregulares de la llamada *Lobocolax deformans* presente en *Prionitis decipiens* que se reconocen actualmente como simples agallas formadas frente al ataque bacterial del tejido del hospedante.

Frecuentemente las agallas han sido confundidas con las estructuras reproductivas de las algas en las que se presentan, considerándose en algunos casos a estas agallas como verdaderas formas parásitas como *Choreocolax polysiphoniae* parásita de *Polysiphonia o Pterosiphonia*, *Gracilariophila oryzoides* parásita de *Gracilariopsis sjoestedtii* y otras.

Los zarcillos son transformaciones de las ramas terminales del talo de ciertas algas como *Hypnea musciformis* y sirven como estructuras de adhesión a otras ramas de la misma planta o de otras.

14.4 REPRODUCCIÓN

En las Algas Rojas el fenómeno de la reproducción es lo más sobresaliente. Las estructuras y elementos reproductivos tanto asexual como sexual son particularmente variados. Siendo los procesos de la reproducción en las Rhodophyta, casi únicos con respecto a las otras Divisiones de las Algas, la terminología empleada es igualmente diferente a lo que sabemos para los otros grupos.

14.4.1 REPRODUCCIÓN ASEXUAL. Asexualmente las Algas Rojas producen uno o más tipos de esporas no flageladas, éstas incluyen a las **monosporas, neutrosporas, tetrasporas, polisporas** y **carposporas**.

14.4.2. REPRODUCCIÓN SEXUAL. Las Algas Rojas son sexualmente oógamas. El elemento sexual femenino se denomina **carpogonio** y se localiza en el extremo distal de una rama especial llamada **rama carpogonial**. El carpogonio posee una estructura receptiva característica: el **tricogino**, éste se reabsorbe después de la fertilización. El órgano masculino es el espermatangio y produce un solo **espermacio**, no móvil, el cual se traslada pasivamente hacia el tricogino para fecundar al carpogonio.

En las **Bangiophycidae**, el zigote se divide directamente en **carposporas**, o producen filamentos especiales denominados: **filamentos gonimoblásticos**, los que producen en su extremosdistal esporangios que contiene una sola **carpospora**. En la mayoría de las **Floridiophycidae**, los filamentos gonimoblásticos no se originan directamente del zigote, sino, de una célula especial: **la célula auxiliar** que pertenece a la misma rama carpogonial o se halla más o menos distante de ella. La asociación íntima del carpogonio y la célula auxiliar de la misma rama se denomina **procarpo**. Cuando la célula auxiliar está separada del zigote recibe el núcleo de éste a través de un **filamento de conexión**, degenerando el carpogonio, mientras que la célula auxiliar origina el **gonimoblasto inicial** y a partir de éste los **filamentos gonimoblásticos** que originan las **carposporas**.

En las Bangiales como en *Porphyra* por ejemplo, el ciclo de vida es **bifásico**: la **fase gametofítica** es haploide y **fase asexual libre o fase conchocelis** es diploide; la meiosis ocurre durante la formación de las conchosporas.

En el resto de las Rhodophyta, el ciclo vital es **trifásico**: con las **fases gametofítica, carposporofítica y tetrasporofítica**. La fase **gametofítica haploide** es libre, la fase **carposporofítica diploide** es dependiente del gametofito femenino y la fase **tetrasporofítica diploide** es libre. En el Ciclo de vida trifásico las fases gametofítica y tetrasporofítica pueden ser isomórficas o heteromórficas.

Las plantas tetrasporofíticas con pocas excepciones exhiben tres tipos de disposiciones de sus esporas dentro del esporangio: **cruciado, zonado o tetraédrico**.

Mayores detalles de la reproducción sexual serán expuestas más adelante al referirnos a los distintos órdenes que integran esta división.

14.5 HÁBITAT.

Las Algas Rojas son casi exclusivamente marinas. Sólo se conocen unas 50 especies que habitan en ambientes de agua dulce o terrestre; siendo las más conocidas *Batrachospermum, Lemanea, Asterocystis*.

En condiciones normales todas las especies marinas son sésiles y presentan una distribución vertical muy amplia que va desde el límite superior del supralitoral hasta el nivel más inferior de penetración lumínica.

Las especies marinas se presentan en todas las latitudes de los oceános, incluyendo el Artico y el Antártico donde se han registrado la presencia de pocas especies predominando más las algas pardas y verdes. Las Algas Rojas abundan en las diferentes zonas de los mares cálidos: en la Australasia se presentan las formas más especializadas morfológicamente. Así mismo, en los mares tropicales abundan las Corallinaceae; su presencia sobre el substrato rocoso y su naturaleza calcárea, como en el género *Porolithon*, contribuyen a la formación de los arrecifes de corales frecuentes en la zona de las Islas Filipinas.

En la zona de las mareas existe una definida distribución de las Algas Rojas. Están delimitadas por el nivel máximo o mínimo de las mareas, los intervalos de su presentación y por la capacidad de ciertas especies para permanecer expuestas. Muchas especies están restringidas en su hábitat a una sola zona, constituyendo grandes asociaciones.

Algunas Rhodophyta, viven a grandes profundidades en el sublitoral, dependiendo esta situación de la claridad del agua por la penetración de la luz y la latitud geográfica. En Florida y el Mediterráneo, se han encontrado algas rojas viviendo a una profundidad de 75 a 90 metros, constatándose también su presencia a 200 metros bajo el nivel del mar, como *Callymenia intricata* en las costas de Japón.

La mayoría de las Algas Rojas, son epilíticas, o se presentan sobre substratos inanimados. Existen también muchas especies epífitas sobre otras algas verdes, pardas, aún rojas y muchas de ellas están restringidas a un solo hospedante.

Las relaciones en estos casos son de simple epifitismo, como ocurre con *Acrochaetium clandestinum* que viven sobre *Chaetomorpha cartilaginea*, parasitismo de espacio externo, o de un verdadero parasitismo como *Gracilariophila oryzoides* parásita de *Gracilariopsis sjoestedtii y Harveyella mirabilis* parásita de *Odonthalia flocosa.*

14.6 IMPORTANCIA ECONÓMICA

El valor económico de las Algas Rojas es muy notorio por la multiplicidad de usos que tiene para el hombre; nos bastará indicar los más sobresalientes para demostrar tal hecho.

COMO ALIMENTO HUMANO. El hombre aborigen durante su existencia a orillas del mar debe haber experimentado el consumo de algas marinas para su propia subsistencia y el resultado de esta experimentación se convirtió en una costumbre estable en generaciones sucesivas. Un ejemplo de lo que afirmamos, se observa en nuestro medio al integrarse en la dieta humana especies de algas rojas como *Porphyra y Gigartina,* conocidas popularmente como **«yuyos de mar»** o **«cochayuyo»**.

Los antiguos habitantes del Japón consumieron igualmente *Porphyra* como complementos en sus dietas de arroz. Más tarde, su uso se difundió por todo el Japón y China. En al actualidad bajo el nombre de «nori» se consume gran cantidad de *Porphyra*.

La utilización de especies de *Porphyra* como alimento en el Oriente, ha dado lugar a la práctica de la agricultura marina, la cual emplea en la actualidad a muchos grupos de personas. Al principio el cultivo del **«nori»** se efectuó disponiendo de cañas de bambú como soportes, o de ramas de arbustos colocadas muy juntas unas de otras, entrecruzadas; después de varios meses de permanencia sumergidas en aguas de bahías tranquilas las plantas de *Porphyra* eran cosechadas de las ramas donde habían desarrollado. Esta técnica primitiva fue posteriormente mejorada con un alto grado de perfección. En la actualidad se usan cientos de cañas de bambú como soportes y se mantienen unidas por redes sobre las cuales se desarrollan las plantas de *Porphyra*. Después de más o menos seis meses, se sacan las redes y se cosechan las algas a mano, o son aspiradas directamente de las redes, facilitadas por pequeñas lanchas. Finalmente son procesadas y puestas en el mercado para su venta como láminas secas, de variada características y listas para su uso.

Los métodos de cultivo cada vez mejoran como resultado de investigaciones científicas y experimentos llevados a cabo en laboratorios especiales. En la actualidad se conoce acerca de los requerimientos culturales de las diversas especies de *Porphyra*, de las fases en su ciclo de vida, principalmente de la fase esporofítica o *Conchocelis* incluso se han logrado variedades más deseadas de *Porphyra*. Así mismo, las investigaciones están orientadas a encontrar el material adecuado para la confección de las redes como medio de fijación de las plantas.

El empleo de las algas marinas en las costas de Europa, nunca ha sido tan difundido como en el Japón, Hawai, Filipinas y Malasia. En Escocia e Irlanda, *Palmaria palmata* conocida popularmente como «dulce» se utiliza en la alimentación humana desde muchos siglos atrás. Igual uso tiene en Norte América Maine y algunas provincias del Canadá. En Europa Occidental la especie más conocida y más usada es *Chondrus crispus*, la cual se emplea para preparar platos de gusto agradable, cocida con leche y sazonada con vainilla, o fruta.

En general las algas marinas empleadas en la alimentación humana, no son fuentes de un alto valor nutritivo, sólo aprovechamos de ellas algunas vitaminas, sales y otros elementos no presentes en alimentos muy comunes.

USOS MEDICINALES. La aplicación medicinal de las algas marinas es tan antigua como su uso alimenticio. Así el género *Gelidium* fue empleado hace mucho tiempo en el tratamiento de desórdenes estomacales. Igualmente el agar obtenido por ebullición de las especies de *Gelidium, Pterocladia y Gracilaria* tuvieron el mismo uso, o como laxante, o en regímenes dietéticos para el adelgazamiento.

El agar fue originalmente producido y vendido en la China, posteriormente los japoneses en 1662 iniciaron su producción y la monopolizaron hasta 1940. En 1881 el valor medicinal del agar se hizo más sobresaliente al comprobar Robert Koch su importancia en el cultivo de las bacterias. Desde aquella época su empleo se ha hecho esencial en los laboratorios de hospitales y laboratorios de investigaciones médicas de todo el Mundo.

En Europa *Chondrus crispus* fue usada en el tratamiento de la diarrea, en desórdenes urinarios y en afecciones pectorales crónicas. Así mismo, en una isla del mar Mediterráneo, se descubrió el uso de una pequeña alga roja *Alsidium helminthochorthon* con propiedades vermífugas, conocida también por los antiguos griegos y tan usada como *Corallina officinalis* de los tiempos medievales.

USOS INDUSTRIALES. La importancia industrial de las Algas Rojas empieza en 1882, al introducirse el uso del agar en el campo de la Bacteriología. En la actualidad la explotación industrial de este importante recurso está dirigido a la obtención de dos productos comerciales de mucho valor; el **agar** y la **carragenina**.

Siendo el **agar** un ficocoloide de mucha importancia, la industrialización de las algas agarofíticas *(Gelidium, Pterocladia, Gracilaria, Gracilariopsis, Ahnfeltia)* y el uso técnico de este producto se ha incrementado enormemente en las últimas décadas. A parte del uso médico señalado anteriormente, la industria moderna nos muestra las múltiples aplicaciones que tiene:

En la elaboración de alimentos, su empleo es muy amplio, sustituye a la gelatina como agente antiresecante en la elaboración de panes y pasteles.

En la industria lechera; en la elaboración de quesos.

En el enlatado de carne y pescado se emplea anualmente cientos de toneladas.

En la Industria fotográfica: en la producción de películas de gran calidad.

En la Industria textil: en el apresto de telas finas, sedas y tules.

En la Industria eléctrica: para la fabricación de alambres de tungsteno mezclado con grafito.

En perfumería: para la elaboración de jabones, lociones.

El incremento de la aplicación industrial del agar ha originado igualmente un aumento en la colección de las algas agaroides en el mundo entero. Se sabe que el Japón abasteció al mundo con la mayor cantidad de este producto hasta antes de la Segunda Guerra Mundial. Posteriormente al decaer en su condición de proveedor, las investigaciones que surgieron tanto en los Estados Unidos, como en Africa del Sur, Australia, Nueva Zelandia y Rusia, estuvieron dirigidas a la producción de

agar para usos domésticos. En los Estados Unidos la explotación de *Gelidium robustum*, con este propósito tuvo su mayor auge en 1943, pero el costo elevado de su cosecha impidió continuar con este proyecto.

En la actualidad el Japón es el mayor abastecedor de agar en el mundo, aún cuando la cosecha de algas agaroides se realizan en todas partes del globo, el Japón las importa desde lugares lejanos como Chile por ejemplo, manteniendo su producción estable en forma continua.

La **carragenina** es otro ficoloide importante y de amplio uso industrial en los Estados Unidos. Su producción alcanza mayor proporción con respecto al agar.

Este producto semeja mucho al agar, pero tiene alto contenido de cenizas y requiere de una mayor concentración para adquirir la consistencia gelatinosa. Las algas productoras de carragenina son principalmente: *Chondrus, Hypnea, Gigartina.*

El mayor competidor en la producción de carragenina en el mundo es Marine Coloids Inc. considerada como el mayor extractor de algas rojas en América. Procesan anualmente 10 millones de libras de algas y éstas las importa de diferentes países: Portugal, India, Malaya, Australia y Perú; su producto específico es una gelatina conocida en el mercado bajo el nombre de Gelcarina. El uso de este producto en otras industrias es igualmente amplio, indicaremos algunos para tener idea de su importancia:

Como estabilizante en la elaboración de la leche chocolatada.
En heladería y otras especialidades preparadas en esta condición.
En la preparación de cremas batidas y jarabes.
Como reemplazante del almidón.
En la elaboración de jugos de frutas.

14.7 CLASIFICACIÓN

Como ya se indicó, la clasificación de las Algas Rojas empezó con Lamouroux (1831). Fue el primero en separar ciertas algas según su color, algunas de ellas incluidas ahora en las Rhodophyta. Estableció la categoría **Floridées**, de éste derivó **Floridiophyceae**. Luego de cierto tiempo, Harvey (1836) agrupó las algas según su coloración en **Chlorospermae** (algas verdes), **Melanospermae** (algas pardas), **Rhodospermae** (algas rojas) y **Diatomaceae**. El uso del color como criterio sistemático se ha expandido, de allí que la pigmentación es un carácter fundamental en la sistemática de las algas y en base a este carácter se reconoce en la actualidad más categorías que las propuestas inicialmente por Harvey.

Las diferencias entre *Porphyra y Bangia* y géneros próximos por un lado y el resto de las algas rojas por otro lado, determinaron que al inicio del presente Siglo se consideraran a las algas incluidas en la Clase **Rhodophyceae** con 2

Subclases: **Bangioideae** y **Florideae**, estos nombres fueron cambiados a **Bangiophycidae** y **Floridiophycidae** por Newton (1953). Posteriormente Melchior (1954) consideró a la Clase **Rhodophyceae** como **División Rhodophyta**, comprendiendo a su vez a 2 Clases: **Bangiophyceae** y **Floridiophyceae** según Cronquist(1960). Diversos autores como Dixon (1973), Abbott & Hollenberg (1976) comparten el mismo criterio de Cronquist, mientras que Cole & Conway (1975), Kraft & Woelkerling (1981), Bold & Wynne (1985) y Silva et al (1987) consideran una sola Clase **Rhodophyceae** con 2 Subclases: **Bangiophycidae** y **Floridiophycidae**, correspondientes según Kylin (1956) a las **Bangioidae** y **Floridae**, o según Dixon (1982) al las Subclases **Bangiophycideae** y **Floridiophycideae**.

Magne (1989) propuso un nuevo sistema de clasificación de las **Rhodophyta** en tres Subclases: **Archaeorhodophycidae, Metarhodophycidae y Eurhodophycidae,** en base a la forma del talo, presencia o ausencia de las conexiones entre las células y métodos de formación de las esporas. Estas Subclases fueron elevadas a la categoría de **Clases** por Norris (1992): **Archaeorhodophyceae, Metarhodophyceae y Eurhodophyceae** respectivamente. Incluyó en la Clase **Eurhodophyceae** las Subclases **Bangiophyceidae** y **Floridiophycidae.**

Al igual que otros autores, seguimos a Silva el al (1987) al considerar a las **Rhodophyta** con una sola Clase: **Rhodophyceae**, que a su vez comprende a 2 Subclases: **Bangiophycidae** y **Floridiophycidae**.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LAS SUBCLASES

1. Comprende formas vegetativas simples: unicelulares, filamentosos o parenquimatosos. División celular predominante intercalar. Células uninucleadas, con un solo cromatóforo. El carpogonio se forma directamente de una célula vegetativa y las carposporas se originan del zigote por divisiones sucesivas .... BANGIOPHYCIDAE

1'. Comprende formas vegetativas más complejas: filamentosas o parenquimatosas de variada morfología. División celular predominantemente apical. Células mayormente multinucleadas y con numerosos cromatóforos. El carpogonio se localiza en una rama carpogonial típica. Las carposporas se diferencian a partir de los filamentos gonimoblásticos producidos por el zigote o por la célula auxiliar .... FLORIDIOPHYCIDAE

14.7.1 SUBCLASE BANGIOPHYCIDAE.

14.7.1.1 ORGANIZACIÓN VEGETATIVA. Los géneros incluidos en esta Subclase, muestran una organización vegetativa muy simple y al mismo tiempo extremadamente variada. Comprende formas unicelulares, como *Porphyridium, Chroothece y Asterocystis*, las formas filamentosas como *Goniotrichum y Bangia*

y formas parenquimatosas costrosas o foliáceas como *Erythrocladia y Porphyra.* Aún cuando esta última forma alcance un apreciable tamaño, su estructura básica es realmente simple y en sus estadíos iniciales el talo se presenta filamentoso uniseriado.

Sus células son uninucleadas; generalmente llevan uno o dos cromatóforos estrellados y axiales, con un solo pirenoide como en *Porphyridium*; o con varios discoidales y sin pirenoides como en *Goniotrichopsis.*

14.7.1.2 REPRODUCCIÓN. Las formas unicelulares de las **Bangiophycidae**, se multiplican vegetativamente por simple división celular, dando lugar a dos células hijas. Las formas pluricelulares producen asexualmente varios tipos de esporas no móviles, como las **monosporas**, que se originan o por metamorfosis directa de las células vegetativas, o por simple división. En las formas filamentosas como *Bangia*, todo el contenido celular se convierte en una monospora. A veces el esporangio puede contener dos, o cuatro, esporas resultantes de la división celular. Las monosporas libres adquieren movimientos ameboides y germinan posteriormente en una fase filamentosa.

La reproducción sexual se ha reconocido sólo en pocos géneros, siendo el mejor estudiado *Porphyra.* Sexualmente son oógamos como todas las Rhodophyta.

CICLO VITAL DE *PORPHYRA*. Este género es el más conocido de las **Bangiophycidae**; es cosmopolita y está representado por numerosas especies en diversas partes del mundo. Su talo es membranáceo, monoestromático o biestromático, se adhiere al substrato por medio de un disco basal; su color varía de marrón oliváceo a rosado o marrón rojizo, según su hábitat y la naturaleza de sus pigmentos.

La parte más importante de su ciclo vital complejo fue meticulosamente investigada por K. Drew 1949 en *Porphyra umbilicalis f. laciniata*, especie frecuente en las costas de las Islas Británicas. El conocimiento de este asunto, dio lugar a una intensa reinvestigación del ciclo vital de otras especies de este género en muchos lugares del mundo.

Las plantas laminares de *Porphyra*, muy comunes en nuestro medio bajo los nombres de **«yuyo»** o **«cochayuyo»**, representan el gametofito en su **ciclo de vida bifásico**. Los espermacios y carpogonios se localizan en el margen del talo de la misma planta o de plantas diferentes según las especies. Los **espermatangios** forman grupos de 16, 32, 64 o 128 **espermacios** rodeados por una cubierta gelatinosa abundante; cada grupo de espermacios poco coloreados se forman por una serie de divisiones mitósicas de una simple célula vegetativa, y se localizan muy cerca de la superficie externa de la lámina. Los **carpogonios** resultan de la metamorfosis de algunas células marginales: adoptan la forma ovoide, con una pequeña protuberancia en uno de sus extremos orientada hacia la superficie externa del talo; esta protuberancia se considera como un **tricogino rudimentario**, o se denomina simplemente **prototricogino**.

Cuando las olas cubren el talo que lleva los espermacios maduros, la cubierta mucilaginosa se hincha permitiendo su salida; entonces son llevados por el agua fijándose algunos en la región carpogonial del talo uniéndose al carpogonio por medio del prototricogino, o por medio de un tubo que se forma del carpogonio al espermacio. En cualquiera de los casos, los núcleos se fusionan; el **zigote** resultante se divide repetidas veces dando lugar a 2, 4, 8, 16, o 32 **carposporas**.

Las carposporas desnudas son expulsadas del talo en la misma forma que los espermacios. Después de deslizarse suavemente en forma ameboide se fija al substrato calcáreo de moluscos y bivalvos diversos, se divide sucesivamente y dan origen a un filamento uniseriado y ramificado; estos filamentos representan la fase asexual libre en el ciclo de vida de *Porphyra*; y en el caso de *Porphyra umbilicalis* había sido confundido con un alga diferente llamada *Conchocelis* y la especie *C. rosea*, esta fase asexual libre se conoce como **«Fase Conchocelis»,** son perennes y se propagan por fragmentación, además estos filamentos producen continuamente esporangios uniloculares que contienen una sola **monospora** o **conchospora**; a partir de estas se originan los nuevos gametofitos laminares ya conocidos.

Hay especies de *Porphyra* monoicas y dioicas; especies que muestran el ciclo vital descrito o las hay con ciertas variantes o que producen asexualmente **neutrosporas** y estas nuevos gametofitos.

14.7.1.3 CLASIFICACIÓN. Esta Subclase, comprende a 4 Órdenes: **Porphyridiales**, **Bangiales**, **Compsogonales** y **Rhodochaetales**, cuyos caracteres principales se indican a continuación.

ORDEN PORPHYRIDIALES

Esta Orden incluye formas filamentosas, ramificadas o no; con células unidas, o separadas unas de otras por material mucilaginoso: de forma ovoide o cilíndrica y sus cromatóforos son o sin pirenoides.

Sólo se conoce que los miembros se este Orden se reproducen asexualmente, las esporas se forman directamente por metamorfosis de las células vegetativas, o después de la división celular. La reproducción sexual es desconocida.

Las Familias representativas de este Orden son **Porphyridiaceae** con el género *Porphyridium* y la Familia **Goniotrichaceae** que incluye a varios géneros como *Goniotrichum, Goniotrichopsis, Asterocystis, Kyliniella, Chroothece.*

Goniotrichum. Su talo es microscópico, filamentoso, erguido, con ramificaciones irregulares o pseudodicótomas. Los filamentos presentan una sustancia mucilaginosa homogénea dentro de la cual se disponen las células en series; las células discoidales o cilíndricas con un cromatóforo estrellado.

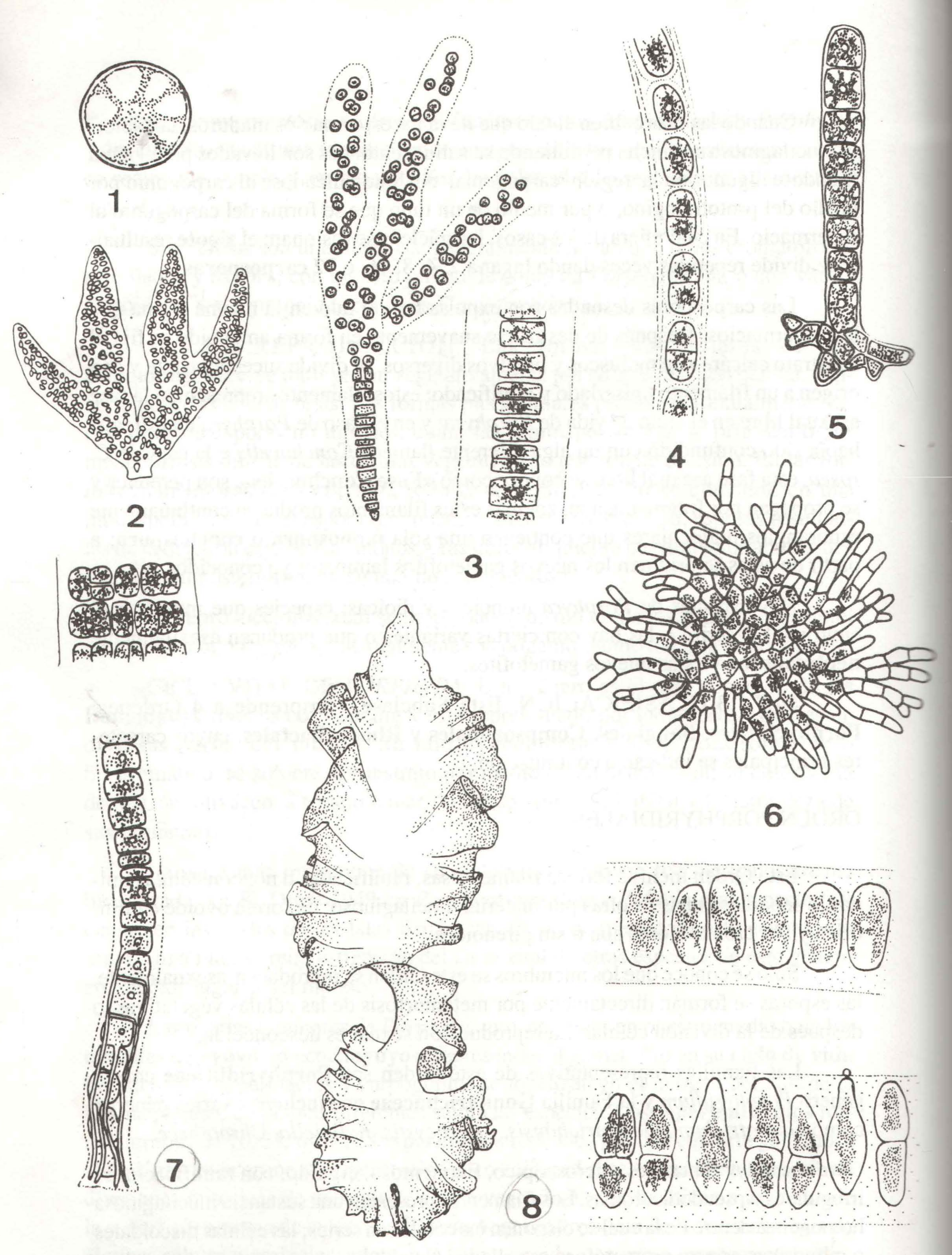


Fig.1 *Porphyridium* sp. detalle de un individuo unicelular. **Fig.2** *Goniotrichum* (= *Stylonema*) *cornu- cervi* detalle del talo ramificado. **Fig.3** *Goniotrichum elegans* morfología del talo y detalle de una porción uniseriada. **Fig.4** *Asterocystis* (= *Chroodactylon*) *ornatum* porción del talo con una serie axial de células. **Fig.5** *Erythrotrichia carnea* morfología de un filamento juvenil. **Fig.6** *Erythrocladia irregularis* morfología discoidal del talo. **Fig.7** *Bangia atropurpura* porción basal y media de un filamento uniseriado, con filamentos rizoidales en las células basales. **Fig.8** *Porphyra columbina* morfología del talo, células vegetativas, carpogonio, espermacio y carposporas en sección transversal.

ORDEN I

Lo
filamento
es costros
por comp
tipos de r
metamórf
división c

Est

Familia I
do o no;
monospo
desigual.

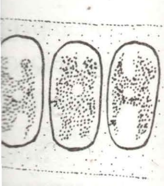
Vi
ño. Los g
Erythrotr
Se adhier
postrados
ramificad
dricas o a
sola carp

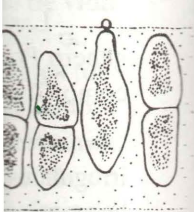
Familia I
nar mono
una célu
Sexualm
4, 8, 16,

Es
Porphyra
el género

Bangia.
uniseriad
de una cé
filamento
constitu
uniseriad
cúbicas,
estrellad

A
cuatro o





ORDEN BANGIALES

Los géneros comprendidos en este Orden son casi siempre de organización filamentosa, no ramificadas, con células uniseriadas o pluriseriadas; a veces el talo es costroso discoidal o foliáceo; las células son cilíndricas, discoidales o poligonales por comprensión lateral. En muchos de los géneros de este Orden se dan los dos tipos de reproducción: sexual y asexual. Las esporas se forman directamente por metamórfosis de las células vegetativas, o de las células hijas que resultan de la división celular.

Este Orden incluye a dos Familias: **Erythropeltidaceae** y **Bangiaceae**.

Familia Erythropeltidaceae. Comprende a formas de talo filamentoso, ramificado o no; otras veces no filamentoso, cilíndrico o discoidal monostromático. Las monosporas resultan de la célula hija más pequeña después de una división celular desigual.

Viven generalmente epífitas sobre otras algas pardas o rojas de mayor tamaño. Los géneros importantes son: *Erythrotrichia y Erythrocladia.*

Erythrotrichia. Su talo es filamentos de la base al ápice, o sólo en la porción basal. Se adhiere al substrato por medio de una célula basal, por filamentos rizoidales postrados, o por un disco multicelular. Las ramas erguidas son ramificadas o no ramificadas; sus extremos distales con más de una célula de ancho se tornan cilíndricas o aplanada. Asexualmente produce monosporas. El zigote da lugar a una sola carpospora o se divide para formar dos o más carposporas.

Familia Bangiaceae. El talo no es filamentoso, más bien es cilíndrico, o es laminar monoestromático o biestromático. Las monosporas se forman directamente de una célula vegetativa o de las células hijas resultantes de la división celular. Sexualmente son homotálicas o heterotálicas; el zigote se divide generalmente en 4, 8, 16, o 32 carposporas.

Esta Familia está representada por dos géneros muy conocidos: *Bangia y Porphyra. Porphyra* ha sido mencionada con amplitud, por esta razón se describe el género *Bangia.*

Bangia. Comprende plantas pequeñas de talo erguido, cilíndrico, no ramificado, uniseriados en toda su longitud cuando joven. Se adhieren al substrato por medio de una célula basal que posteriormente se refuerza con las partes terminales de los filamentos rizoidales originados de la parte inferior de las células vecinas a la base, constituyendo así, el conjunto, un disco basal. Las células de la porción inferior uniseriadas son discoidales, en cambio las de la porción superior multiseriada son cúbicas, angulosas y dispuestas en hileras; cada célula presenta un cromatóforo estrellado con un solo pirenoide.

Asexualmente las células vegetativas se dividen dando lugar a uno, dos, cuatro o más esporas. Sexualmente son homotálicas o heterotálicas.

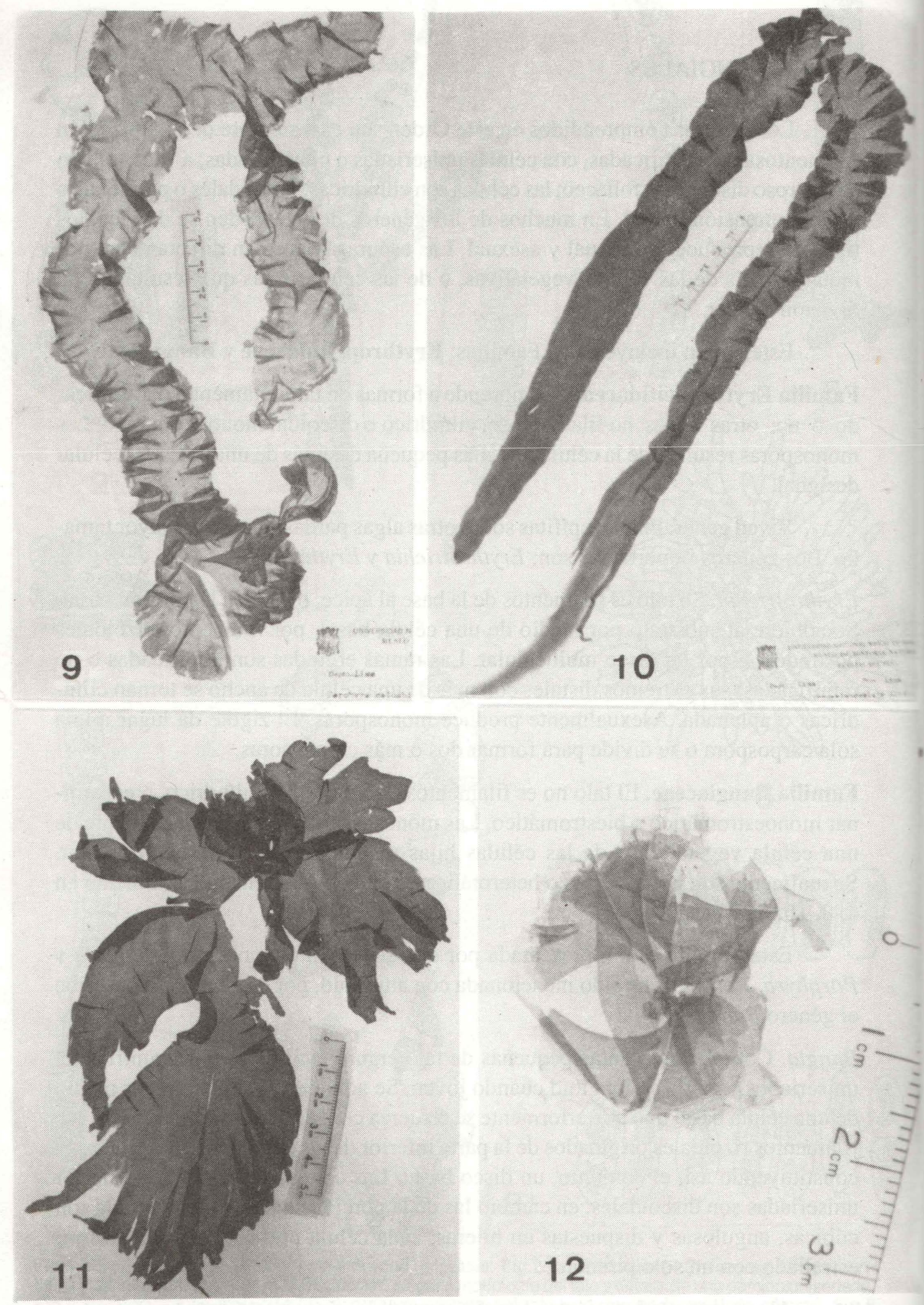
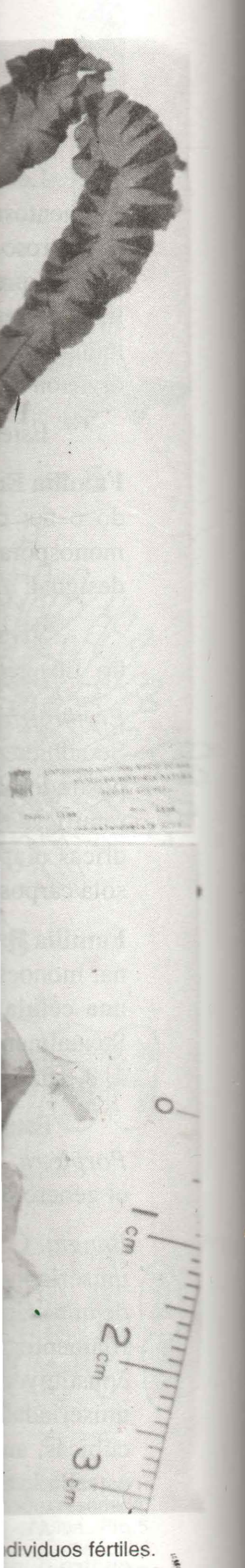


Fig.9 *Porphyra columbina* morfología del talo. **Fig.10** *Porphyra pseudolan-ceolata* dos individuos fértiles. **Fig.11** *Porphyra* sp. morfología del talo. **Fig.12** *Porphyra crispata* morfología del talo.


dividuos fértiles.

ORDEN COMPSOGONALES

Este Orden comprende a la Familia **Compsogonaceae** cuyo género típico *Compsopogon* habita en agua dulce de ambientes tropicales y subtropicales. El talo es al comienzo filamentoso uniseriado, luego se hace parenquimatoso, con una hilera axial de células cilíndricas grandes, incoloras, rodeadas por una corteza constituida por 2-4 hileras de células pigmentadas pequeñas. En ambos casos el talo tiene ramificaciones de varios órdenes.

La reproducción se lleva a cabo por medio de monosporas grandes o pequeñas, que resultan por simple división de las células corticales.

La especie representativa es *Compsopogon coeruleus*.

ORDEN RHODOCHAETALES

Este Orden igualmente corto, comprende a la única Familia **Rhodochaetaceae** con el género típico *Rhodochaete*, cuyo talo es filamentoso uniseriado, ramificado, compuesto por células cilíndricas grandes y todas con un «pit connection» similar a los de las Floridiophycidae.

Se reproducen por monosporas formadas en monosporangios laterales. Estas estructuras reproductivas son consideradas por algunos autores como estructuras de origen sexual.

La especie representativa es *Rhodochaete parvula*.

14.7.2 SUBCLASE FLORIDIOPHYCIDAE

14.7.2.1 ORGANIZACIÓN VEGETATIVA. Las Algas comprendidas en esta Subclase representan a la mayor parte de las RHODOPHYTA y comparándolas con las otras algas, tienen una clara uniformidad, tanto en su construcción vegetativa, como en las formas de su reproducción.

En esta Subclase la mayoría de los géneros son macroscópicos; pocos son microscópicos, y tampoco son frecuentes las formas filamentosas no ramificadas. Los géneros *Acrochaetium y Callithamnion* representan las formas filamentosas más simples en cambio, los géneros *Batrachospermum, Ceramium y Polysiphonia* representan las formas filamentosas más evolucionadas.

Muchos géneros exhiben una estructuración más evolucionada y compleja, generalmente tienen una apariencia externa filiforme, con cierta diferenciación histológica en su constitución interna. El talo de muchos géneros es cilíndrico, no ramificado como en *Lemanea*, ramificado como en *Dumontia*, gelatinoso como

en *Gloiosiphonia*, cartilaginoso como en *Gracilaria*, sólido como en *Gelidium*; hueco como en *Lomentaria*. Otros géneros como *Rhodymenia, Callophyllis, Cryptopleura* presentan varios tipos de ramificaciones y expansiones laminares, de tamaño y textura diferentes. Los integrantes de las familias **Rhodomelaceae y Delesseriaceae** como *Phycodrys,Delesseria, Polyzonia*, etc., muestran una marcada diferenciación de su talo en estípite y lámina.

Ciertas familias como las **Corallinaceae** incluye géneros cuyo talo está calcificado parcial o totalmente.

En las Algas Rojas, la morfología externa no indica el tipo de construcción del talo, porque cualquier tipo de construcción puede producir un talo de forma externamente variada.

Numerosas investigaciones llevadas a cabo sobre la construcción del talo de las **Floridiophycidae**, concluyen que todas son fundamentalmente filamentosas; aún en las formas más evolucionadas con estructura pseudoparenquimatosa en sus partes adultas, se pueden reconocer la construcción filamentosa en las regiones apicales.

En los talos de construcción filamentosa, es posible distinguir un filamento principal de crecimiento ilimitado, y filamentos laterales de crecimiento limitado; estos últimos se originan en pares o verticiladamente en la base de las células del filamento principal de crecimiento ilimitado. Las células de los filamentos principales y secundarios se originan por divisiones tangenciales de las células pericentrales, éstas son de número y disposición definidos en las formas uniaxiales; permanecen invariables como en las **Rhodomelaceae**; o se dividen para formar una corteza, o se convierten en células apicales de las ramas de crecimiento limitado: éstas permanecen libres o se unen formando una estructura compacta diferenciada en corteza o médula.

Las formas más evolucionadas resultan en algunos casos del desarrollo correlacionado en mayor grado de las ramas laterales. En la mayoría de las **Floridiophycidae**, la ramificación es casi uniforme monopodial, como en las **Dasyaceae**, en pocos géneros de otras familias es simpodial; la ramificación dicotómica no es frecuente.

Tanto el filamento principal como sus ramificaciones tienen crecimiento apical. La célula apical es generalmente prominente y se origina de una sola serie de células por divisiones transversales u oblicua. Sólo en pocos géneros de las familias **Delesseriaceae** y **Corallinaceae** se han constatado formas de crecimiento intercalar.

En la conformación histológica de las **Floridiophycidae**, se distinguen dos tipos de construcción, resultantes de la actividad de uno o más filamentos axiales. Cuando el talo tiene un solo filamento axial o central constituido por una sola

hilera de células grandes se denomina **monoaxial** o **uniaxial**, como en todas las **Gelidiales** y **Ceramiales**. Si el talo en cambio tiene numerosos filamentos axiales paralelos o subparalelos del tipo cable, se llama **multiaxial**, como en todas las **Rhodymeniales**.

La condición uniaxial en algunos casos semeja ser multiaxial por la producción de células circundantes e hifas que cubren la estructura original. Por esta razón es necesario estudiar el tipo de construcción de los estadios juveniles. La distinción entre ambos tipos de construcción del talo, se observan en las formas más simples: a veces internamente o externamente en las formas más evolucionadas.

Los tipos de construcción uniaxial o multiaxial, son caracteres generales de las distintas unidades taxonómicas de las **Florideophycidae**; así todas las **Rhodymeniales** son multiaxiales y todas las **Ceramiales** uniaxiales; pero en los otros Ordenes ambos tipos de construcción están representados en las diferentes familias; las **Cryptonemiaceae** son uniaxiales, en cambio las **Corallinaceae** pertenecientes al mismo Orden son multiaxiales. En las **Gigartinales** más primitivas, como *Endocladia*, la construcción en uniaxial, las más evolucionadas, como *Gracilaria*, son multiaxiales.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN UNIAXIAL. La expresión más simple del tipo de construcción uniaxial está representada por el género *Crouania* de la Familia **Ceramiaceae**. El filamento central, o axial, está representado por una sola hilera de células robustas con un verticilo de 3 ó 4 ramas de crecimiento limitado incluidas en un mucílago. Las células basales de las ramas laterales originan filamentos que cubren parcialmente al eje axial a modo de corteza. En los géneros *Batrachospermum* de las **Nemalionales**, *Thuretella* de las **Cryptonemiales** y *Wrangelia* de las **Ceramiales**, se observan igualmente el mismo tipo de construcción uniaxial, pero, con cierto grado de avance en la construcción del filamento central.

En *Acrochaetium y Rhodochorton* de la familia **Chantransiaceae** el filamento axial es monosifónico, ramificado y no diferenciado, o diferenciado ligeramente como *Antithamnion* de las **Ceramiales**; en algunas especies de este último género, las células axiales se cubren por rizoides corticales, que en conjunto ayudan la fijación de las plantas al substrato donde se presentan.

Mayor diferenciación se observa en los géneros *Gloiosiphonia, Dumontia y Calosiphonia*, en los cuales las ramas de crecimiento limitado confluyen en su desarrollo y forman externamente capas sucesivas consideradas como corteza; las hifas se originan de las células inferiores del sistema ramificado constituyendo la médula. Las células alargadas del filamento central se rodean de hifas largas y forman un tejido muy compacto. En un corte transversal del talo adulto se distingue una corteza externa o capa fotosintética, una capa cortical de células

almacenadoras y una zona medular de hifas que corren longitudinalmente cubriendo al filamento axial.

En *Gelidium*, la construcción del talo es igualmente uniaxial, visible sólo en la región apical; pronto se hace difusa y las partes viejas presentan una estructuración pseudoparenquimatosa. En *Ceramium* la corteza se forma por división de las células apicales iniciales, dispuestas en un círculo y se restringen a las zonas de unión de las células a manera de banda, o cubren completamente a las células axiales.

La belleza del talo laminar de las **Delesseriaceae**, está en relación con el crecimiento congénito de las ramas de segundo orden las cuales se entrecruzan con cierta regularidad. En las **Rhodomelaceae** como *Polysiphonia*, encontramos un tipo diferente de formación uniaxial. La célula apical se divide transversal u oblicuamente; las resultantes se disponen espiralmente y desarrollan en ramas iniciales en el lado más grande de un segmento de la célula siempre antes de la formación de las células pericentrales. Las ramas iniciales continúan su desarrollo ya como filamentos monosifónicos ramificados y deciduos: los tricoblastos, o en ramas polisifónicas que repiten la estructuración del eje principal. Cada segmento del eje principal se divide de un modo definido originando un anillo de células pericentrales que rodean al filamento axial. Muchas especies de *Polysiphonia* permanecen no corticadas, en pocas especies la corticación o engrosamiento del eje principal se efectúa por los filamentos que crecen de la parte basal de las células pericentrales.

Las **Rhodomelaceae** también incluyen a numerosas formas de construcción bilateral o dorsiventral, presentando al mismo tiempo una marcada especialización morfológica. En las **Dasyaceae**, el eje principal se ramifica simpodicamente, presentando sin embargo una estructuración polisifónica el cual no es perceptible por el desarrollo de filamentos corticales a partir de la porción basal de las células pericentrales. Los géneros *Dictyurus y Thuretia* pertenecientes a esta Familia muestran más elevada especialización morfológica.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN MULTIAXIAL. A este tipo de construcción pertenecen dos grupos diferentes. En la mayoría de los géneros como *Nemalion y Cumagloia* los filamentos ocupan la parte central, éstos originan radialmente ramas de crecimiento limitado, las cuales permanecen diferenciadas y todas alcanzan la misma longitud en su estadio adulto; sus células internas son más largas y tienen pocos cromatóforos y las externas cortas, con numerosos cromatóforos. El eje central muchas veces se engrosa por la producción de hifas orientadas hacia abajo, de éstas se desarrollan las ramas secundarias de crecimiento limitado.

La misma estructuración se observa en otros géneros con ligeras modificaciones. En *Liagora* por ejemplo, existe una mayor producción de hifas y el talo está calcificado externamente en mayor o menor extensión. En *Scinaia*, el talo es gelatinoso con una depresión visible en la parte media del extremo distal; las célu-

las terminales de las ramas laterales son mas largas; las posteriores se alargan constituyendo células vesiculosas menos coloreadas conteniendo cuerpos refrigerantes; las células fotosintéticas son terminales o subterminales, algunas llevan pelos; las hifas que cubren longitudinalmente los filamentos axiales se originan de las células internas de las ramas laterales. El género *Galaxaura* presenta la misma depresión terminal, pero la zona cortical ëstá fuertemente calcificada.

El género *Corallina*, presenta también una construcción multiaxial. En general el talo erguido está compuesto por segmentos calcificados o intergenículos separados por uniones flexibles no calcificadas o genículos. La porción axial está constituida por filamentos longitudinales de células grandes, largas, dispuestas en series transversales más o menos regulares, fusionadas lateralmente; las ramas derivadas de los filamentos axiales se disponen en dirección radial constituyendo la corteza.

En las **Cryptonemiales** y **Gigartinales**, la construcción del talo tiene las mismas características anotadas, mostrando sin embargo, cierta diferenciación externa. Frecuentemente se distingue una corteza pseudoparenquimatosa con capas interna y externa rodeando la médula y originadas de los filamentos axiales o de las hifas filamentosas secundarias.

El otro grupo de construcción multiaxial está representado por las **Rhodymeniales**, en estos los filamentos axiales se disponen circularmente o en anillo dejando un orificio central. En *Furcellaria*, las células de los filamentos axiales presentan una membrana gruesa, estratificada y está rodeada por células grandes formando en conjunto la médula central; las ramas laterales radiales forman una corteza pseudoparenquimatosa, sus células internas son grandes llenas de sustancia de reserva y las externas pequeñas provistas de cromatóforos.

En las formas foliosas de las **Cryptonemiales** y **Gigartinales**, cuyo crecimiento es apical por medio de un meristema marginal, no es posible distinguir un simple filamento axial o un conjunto de filamentos axiales. En un corte transversal del talo se distingue una capa interna de células grandes entremezcladas con células filamentosas pequeñas: las hifas y la capa externa de células fotosintéticas. En estas situaciones es difícil decidir si tales forman derivan de un tipo de construcción uniaxial multiaxial.

En las formas más simples de construcción uniaxial y multiaxial, es fácil distinguir líneas de desarrollo paralelo, con considerable divergencia en su presentación. En cambio, es más difícil indicar que tipo de construcción ha originado el talo más organizado; siendo el tipo de construcción uniaxial el predominante. Así mismo, ningún tipo de construcción se asocia a la forma más avanzada de reproducción. Probablemente no existe relación filogenética entre ambos tipos de construcción, considerándose mas bien que ambos tipos se han originado separadamente a partir de filamentos monosifónicos ramificados.

14.7 .2.2 REPRODUCCIÓN. Los caracteres generales de la reproducción de las Algas Rojas han sido ya indicadas en el capítulo respectivo. Sin embargo, en la Subclase **Floridiophycidae**, esta función vital en sus fases asexual y sexual, muestran una progresiva complejidad sin comparación alguna con las formas de reproducción presentes en los otros grupos de algas. Lo más característico y complejo es la reproducción sexual y los detalles de este fenómeno son tan variados y de mucha importancia en la diferenciación de los ORDENES de esta SUBCLASE.

La reproducción sexual corresponde a un tipo especial de oogamia. Los gametos carecen de estructura de movilidad. Después de la fertilización se operan cambios muy importantes que dan lugar al desarrollo de una fase somática adicional: **el carposporofito**, que proviene no sólo del elemento femenino, sino, de otras células adyacentes o distantes de ella. En la actualidad, gracias a trabajos muy importantes y detallados al respecto tenemos conocimientos precisos de los procesos de postfertilización que se presentan en los diversos grupos. En muchas **Floridiophycidae**, las plantas gametofíticas son dioicas, en cambio, otras son monoicas.

El espermatangio u órgano masculino es de forma característica: oblonga o esférica y se originan de una misma célula madre terminal en la zona cortical, se diferencian en grupos muy juntos unos de otros. En las formas simples aún cuando estén localizados en ciertas partes del talo, se agrupan formando soros. En las formas más especializadas se presentan en soros definidos, a veces en partes especiales del talo como ocurre en las **Delesseriaceae**, excepcionalmente se presentan en conceptáculos como en las **Corallinaceae**, las especies de *Gracilaria*, o en ramas espermatangiales características como en las especie de *Polysiphonia*.

En las formas primitivas los espermatangios se originan de las células ligeramente diferentes o no especializadas de la rama espermatangial, no así en las más evolucionadas en las cuales toda la rama se modifica para producir los espermacios.

El anteridio maduro generalmente posee un protoplasto denso no coloreado o con restos de cromatóforos; en muchos casos el núcleo único se divide sólo al entrar en contacto con el tricogino del carpogonio.

El carpogonio o elemento femenino consiste de una célula en forma de botella, dilatada en su parte inferior o basal y con la parte terminal alargada llamada **tricogino**; este es el órgano receptivo para el gameto masculino y presenta generalmente una pared muy suave y mucilaginosa. En la mayoría de los géneros el carpogonio carece de cromatóforos, pero en las **Nemalionales**, el carpogonio lleva un cromatóforo basal que se extiende aún por el tricogino; su protoplasto presenta sustancias de reserva y un núcleo prominente en la parte basal, aunque se discute si el tricogino tiene o no núcleo.

El carpogonio en muchas **Floridiophycidae**, se localiza en una rama lateral especial, constituida de 3 a 4 células: **la rama carpogonial**; ésta deriva a su vez de una célula especial llamada **célula soporte**. Por lo general, el carpogonio se localiza en los puntos de crecimiento del talo, o se hallan dispersos; en algunos géneros como en *Hypoglossum* se encuentran en zonas especiales del talo, como la nervadura por ejemplo.

Fecundación. Los espermacios libres, permanecen así durante cierto tiempo y su abundancia asegura la unión con el elemento femenino a través del tricogino cuyo extremo es mucilaginoso. En la región de contacto de ambas membranas se establece una conexión: el núcleo masculino migra al tricogino y se desplaza hacia la parte basal del carpogonio: posteriormente los dos núcleos se fusionan, resultando el zigote de condición diploide. Después de la fertilización el tricogino se retrae y tiende a desaparecer al formarse una pared gruesa en la zona que limita al zigote.

Desarrollo del Carposporofito. Una vez constituido el zigote, éste no se divide inmediatamente para dar lugar a las carposporas como en las BANGIOPHYCIDAE, sino, que experimenta complejos cambios de postfertilización en el desarrollo del carposporofito y cuyos detalles son importantes en la delimitación de los ORDENES que integran esta SUBCLASE.

En muchas **Nemalionales** como *Batrachospermum* y en todas las **Gelidiales**, la fase carposporofítica se originan directamente del zigote; en la mayoría de algas en cambio, el núcleo diploide del zigote migra hacia una célula especial llamada **célula auxiliar**, a partir de la cual se desarrolla el carposporofito. En los diferentes Ordenes, la **célula auxiliar** ocupa igualmente diferentes posiciones; así en las **Nemalionales** cuando la tienen, está representada por una célula de la rama carpogonial, pero en las **Cryptonemiales** se localiza en ramas laterales especiales accesorias. En las **Gigartinales** la célula auxiliar es una **célula intercalar** de la rama carpogonial ordinaria. En los Ordenes indicados deriva de una célula hija de la célula soporte y se forma siempre antes de la fertilización; en cambio, en las **Ceramiales** se forma siempre después de la fertilización y se origina de la célula soporte, o de una célula pericentral homóloga.

En los miembros más evolucionados de la **Floridiophycidae**, la rama carpogonial se vincula íntimamente a una o más células auxiliares, que vienen a ser una célula madre de aquellas constituyendo así una estructura unificada, llamada **procarpo**.

La fase carposporofítica se inicia con el desarrollo de los **filamentos gonimoblásticos iniciales** a partir del zigote, o de la célula auxiliar que lleva el núcleo diploide. Los filamentos gonimoblásticos varían generalmente en número, forma, longitud y modo de desarrollo; sus células diploides en su totalidad, como en*Grateloupia* o sólo las terminales, se transforman en **carposporangios** que contienen a una sola **carpospora**, como en *Nitophyllum*.

Paralelamente a estos procesos de postfertilización, el tejido vegetativo circundante incrementa su volumen y se diferencia en un tejido estéril de protección llamado **pericarpo**. La masa de carposporas más el pericarpo en conjunto constituyen el **cistocarpo**. Las carposporas se liberan a través de una apertura apical, u **ostiolo**, del cistocarpo y en condiciones favorables germina en una planta diploide, morfológicamente idéntica o diferente a los gametofitos, ésta es el **tetrasporofito** o fase asexual libre.

El **Tetrasporofito** está representado por una planta morfológicamente idéntica o diferente a los gametofitos masculinos y femeninos según correspondan a un ciclo de vida trifásico isomórfico como en *Gigartina chamissoi,* trifásico heteromórfico como en *Gymnogongrus furcellatus*, respectivamente, pero al madurar sólo producen tetrasporas externas, o embebidas en su talo, distantes unas de otras, o agrupadas en **soros** limitadas a ciertas partes del talo: en las proliferaciones marginales como en *Cryptopleura*, o en ramas especiales adventicias llamadas **estiquidios** como en *Plocamium*. El **tetrasporangio** contienen a cuatro esporas no móviles, haploides después de dos sucesivas divisiones nucleares acompañadas por meiosis. Al formarse las tetrasporas, el protoplasto del tetrasporangio se separa en cuatro porciones siguiendo diferentes planos, resultando las tetrasporas **cruciadas, zonadas** o **tetraedricamente** divididas.

En un tetrasporangio cruciado como en *Gelidium*, el primer plano de división es transversal ecuatorial, seguido por dos planos perpendiculares en la parte media del primero, resultando las 4 esporas con sus caras internas planas y angulosas. En un tetrasporangio zonado como en *Agardhiella*, el protoplasto está dividido por tres planos transversales paralelos formados simultáneamente. Finalmente en los tetrasporangios como en *Polysiphonia* tetraédricos el protoplasto está dividido en 4 partes por medio de una depresión que va de la periferie al centro, simultáneamente y correlacionado con la disposición tetraédrica de los núcleos en el centro del esporangio.

Las tetrasporas se liberan por ruptura de la pared tetrasporangial y germinan en plantas gametofíticas haploides.

Ciclo de vida en las Floridiophycidae. El carácter más importante en el ciclo vital de los géneros comprendidos en esta SUBCLASE, es la sucesión de fases somáticas, muy diferentes a las de las otras Divisiones de las Algas. Este hecho es evidente por el desarrollo del carposporofito a partir del carpogonio fecundado; en el curso de su desarrollo se encuentra en asociación dependiente del gametofito femenino.

En muchas especies el carposporofito permanece embebido en el talo, o es superficial, globoso, protegido por un pericarpo constituyendo en cistocarpo.

Se sabe en la actualidad, que el ciclo de vida de muchas algas rojas ha sido aceptado desde que fueron dadas a conocer. Se han considerado, así mismo, los

ciclos de vida de *Nemalion y Polysiphonia* como típico de las Floridiophycidae, como las más primitivas y las más evolucionadas respectivamente; pero, en años recientes, se ha constatado que existe una considerable diversidad, referente a la sucesión de las fases somática y nuclear. Esta diversidad debe ser considerada como un carácter biológico, propio de muchas algas rojas y de hecho da lugar a un sin número de problemas sumamente interesantes de orden tanto citológico, como ecológico, entendibles a través de los distintos factores fisiológicos que gobiernan las diferentes fases de la vida de una alga.

14.7.2.3 CLASIFICACIÓN. La actual clasificación de las **Floridiophycidae** deriva de la propuesta original de Schmitz (1889). Schmitz y Hauptfleisch (1896-1897) reconocieron 4 Ordenes: **Gigartinales, Rhodymeniales, Cryptonemiales y Nemalionales**. La clasificación de Schmitz estuvo basada en la estructura y desarrollo del carposporofito, con énfasis en la posición de la célula auxiliar.

Durante los últimos 80 años, se han propuesto muchas versiones del sistema de clasificación original de Schmitz, siendo el de mayor trascendencia el de 0ltmanns (1904). Estableció el Orden **Ceramiales** segregándolo del Orden **Rhodymeniales** de Schmitz, al comprobar que la célula auxiliar se forma luego de la fertilización.

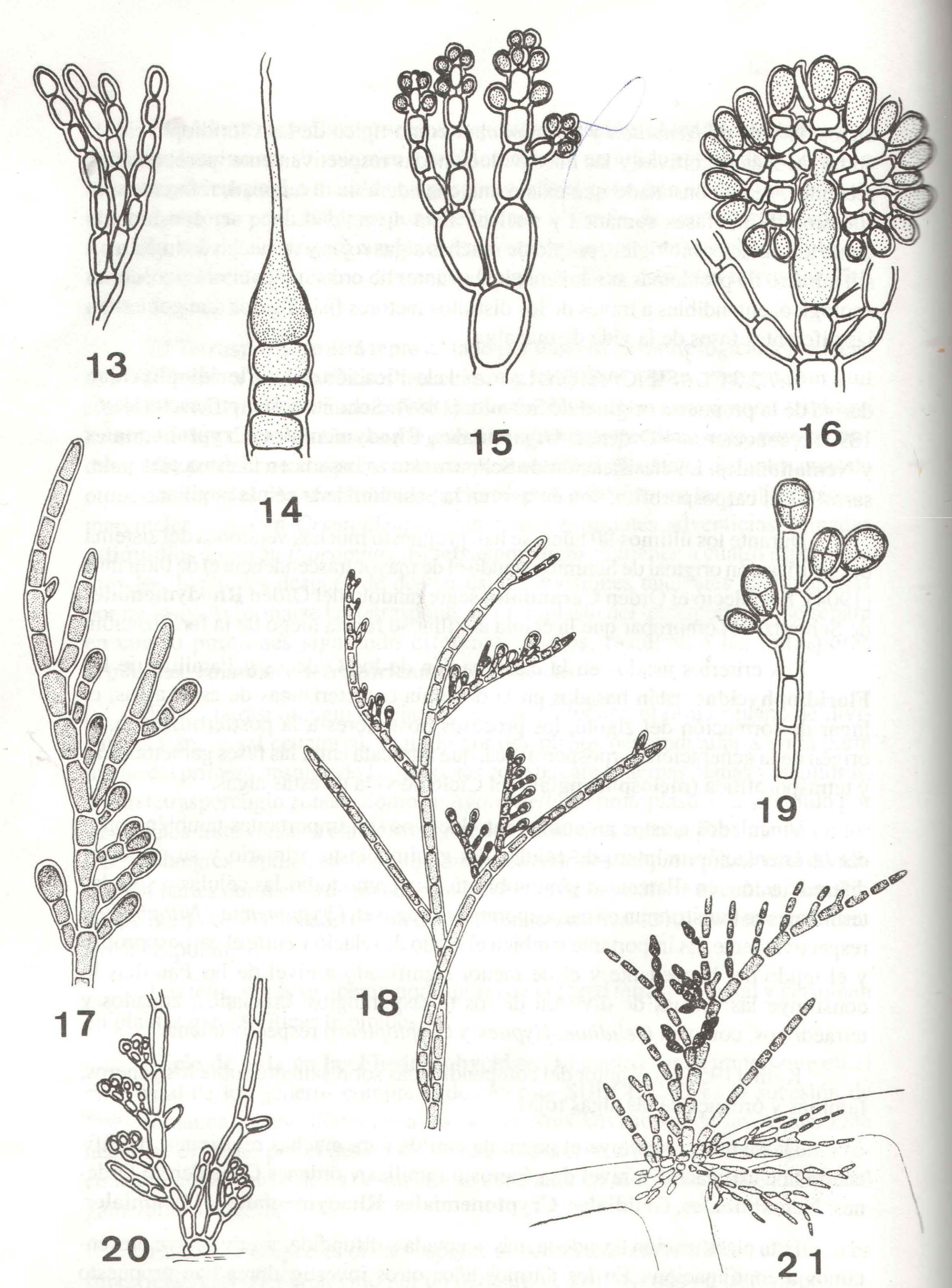
Los criterios usados en la clasificación de los Órdenes y Familias de las **Floridiophycidae** están basados en la oogamia características de estas algas, el lugar de formación del zigote, los procesos posteriores a la postfertilización, el origen de la generación carposporofítica, que intercala entre las fases gametofíticas y tetrasporofítica (**meiosporangial**) del Ciclo de vida de estas algas.

Vinculados a estos procesos reproductivos son importantes también conocer la orientación, número de células del gonimoblasto primario y su posterior diferenciación en filamentos gonimoblásticos y como todas las células o sólo las terminales se transforman en carposporangios como en *Cryptonemia y Nitophyllum* respectivamente. Es importante también el grado de relación entre el carposporofito y el tejido del hospedante y el de menor significado a nivel de las Familias lo constituye las formas de división de los tetrasporangios: cruciados, zonados y tetraédricos, como en *Gelidium, Hypnea y Cryptopleura* respectivamente.

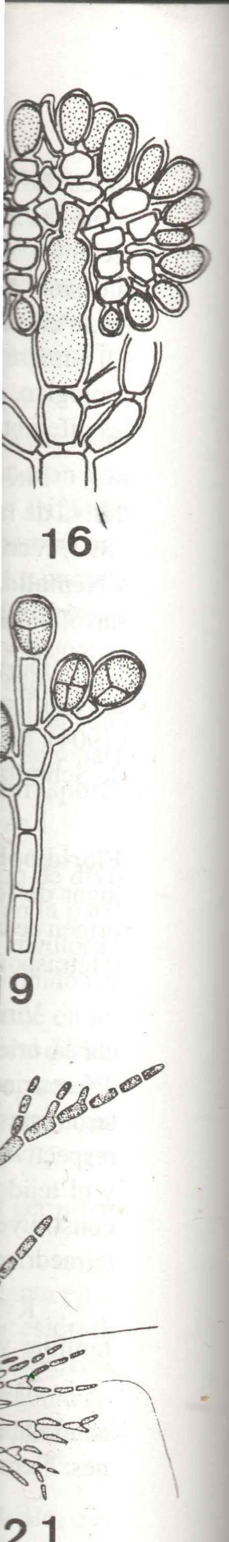
Kylin (1956) es el autor del compendio más sobresaliente sobre los géneros, familias y órdenes de las algas rojas.

Dicha obra constituye el punto de partida para muchas revisiones, modificando la clasificación a nivel de géneros o familias y órdenes.Consideró 6 Órdenes: **Nemalionales, Gelidiales, Cryptonemiales, Rhodymeniales** y **Ceramiales**.

Esta clasificación ha sido la más aceptada y difundida, y cuya clave presentamos a continuación:. En los últimos años otros investigadores han propuesto otros Órdenes, segregándolos de los anteriores y éstos son los siguientes: **Bonnemaisoniales** Feldmann et Feldmann (1942), **Palmariales** van der Meer &



Figs.13-16 *Nemalion* sp. **Fig.13** Filamentos fotosintéticos. **Fig.14** Rama carpogonial con el carpogonio terminal. **Fig.15** Rama anteridial con anterozoides. **Fig.16** Filamentos gonimoblásticos con carposporas terminales. **Fig.17** *Acrochaetium distichosporum* parte superior de un filamento con monisporangios. **Fig.18** *Acrochaetium variabile* parte media y superior del filamento con monosporangios. **Fig.19** *Rhodochorton* sp. extremo del filamento con tetrasporangios. **Fig.20** *Kylinia* sp. porción del talo filamentoso, ramificaciones y monosporangios. **Fig.21** *Acrochaetium clandestinum* hábito de un ejemplar epífito, parte postrada y parte erguida diferenciadas.



el carpogonio
n carposporas
angios. Fig.18
Rhodochorton
o, ramificacio-
arte postrada y

Todd (1980), **Hildenbrandiales** Pueschel & Cole (1982), **Corallinales** Silva & Johansen (1984), **Ahnfeltiales** Maggs & Pueschel (1989), **Gracilariales** Fredericq & Hommersand (1989) .

A continuación se dan las características de los Ordenes incluidos en la **Subclase Floridiophycidae**, según Kylin (1 956) las familias y géneros representativos.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LOS ÓRDENES

1. Ciclo de vida sin tetrasporofito libre. El zigote después de fecundad da origen directamente a los filamentos gonimoblásticos .... **NEMALIALES**

1'. Ciclo de vida con tetrasporofito libre. El zigote después de fecundado no da origen directamente a los filamentos gonimoblásticos 2

2. Sin célula auxiliar. Los filamentos gonimoblásticos se desarrollan directamente del carpogonio fecundado .... **GELIDIALES**

2'. Con célula auxiliar, los filamentos gonimoblásticos se desarrollan a partir de ella 3

3. Célula auxiliar de posición intercalar entre las células vegetativas de la rama carpogonial .... **GIGARTINALES**

3'. Célula auxiliar no intercalar entre las células vegetativas de la rama carpogonial ... 4

4. La célula auxiliar se forma antes de la fertilización del carpogonio 5

5. Célula auxiliar ubicada en una rama no dependiente de la célula de soporte de la rama carpogonial.. .... **CRYPTONEMIALES**

5'. Célula auxiliar situada en el extremo de una rama corta de dos células dependientes de la célula soporte de la rama carpogonial .... **RHODYMENIALES**

4'. La célula auxiliar se forma después de la fertilización y deriva directamente de la célula soporte de la rama carpogonial .... **CERAMIALES**

ORDEN NEMALIONALES (=NEMALIALES)

Este Orden agrupa una gran variedad de algas rojas, consideradas como las más primitivas dentro de las **Floridiophycidae**. Estructuralmente son de organización uniaxial, o multiaxial y varían desde las formas filamentosas uniseriadas y epífitas como *Acrochaetium* hasta las formas complejas y multiaxiales como *Galaxaura*. Las formas no filamentosas tienen el talo generalmente cilíndrico, a veces comprimido, raramente foliáceo.

La reproducción asexual por monosporas es la más conocida en este Orden, ocasionalmente cada esporangio da lugar a 2 o 4 esporas. El ciclo de vida es trifásico heteromórfico.

Los espermatangios se presentan reunidos en racimos o corimbos, raras veces se reúnen en soros. El carpogonio se localiza en el extremo terminal de la rama carpogonial constituida por tres o cuatro células; luego de fecundado da lugar di-

rectamente a los filamentos gonimoblásticos; la mayoría de las células, o solamente las terminales, se transforman en carposporangios. En muchos géneros como *Batrachospermum y Nemalion* no existe una célula auxiliar verdadera, mientras que en otros como *Galaxaura*, la célula auxiliar está representada por una gran célula nutricia. Los cistocarpos maduros se presentan siempre distantes unos de otros, embebidos, superficiales o profundamente en el talo. Por lo general sin tejido estéril de protección, o algunas veces se rodea con una cubierta especial. Las carposporas son siempre haploides y originan en la generación tetrasporofítica.

Tradicionalmente se ha considerado a este grupo de algas como carentes de la fase tetrasporofítica, libre, en su ciclo de vida, con las escasas excepciones de los géneros *Galaxaura y Rhodochorton*. Pero, gracias a investigaciones recientes sobre varios integrantes de este Orden, se sabe que en ellas existe la generación tetrasporofítica filamentosa o costrosa que lleva tetrasporangios cruciadamente divididos.

Las Nemalionales comprenden 8 Familias, de ellas las más importantes en nuestro medio, son las que indican a continuación:

CLAVE PARA DIFERENCIAR LAS PRINCIPALES FAMILIAS

1. Talo de organización uniaxial. Talo filamentoso, pequeño, uniseriado y ramificado, epífito o epizoico, endofítico o endozoico; cistocarpo superficial sin cubierta especial de protección .... **Acrochaetiaceae**
   Géneros representativos: *Acrochaetium, Rhodochorton, Kylinia, Audouinella.*

1'. Talo de organización multiaxial 2

   2. Superficie del talo no parenquimatoso; talo macroscópico, erguido, ramificaciones escasas o abundantes, cilíndricas, o comprimidas notoriamente; cistocarpo sin pericarpo .... **Helminthocladiaceae (= Liagoraceae)**
      Géneros importantes: *Helminthora, Helminthocladia, Liagora, Cumagloia, Nemalion.*

   2'. Superficie del talo parenquimatoso; talo erguido, con ramificaciones dicotómicas, ramas cilíndricas; cistocarpo con pericarpo **Chaetangiaceae (= Galaxauraceae)**
      Géneros representativos: *Nothogenia, Galaxaura, Scinaia.*

Familia Acrochaetiaceae.

Acrochaetium. Este género incluye más o menos a 150 especies. Su talo es microscópico, filamentoso, uniseriado y ramificado unilateralmente; epizoico o epífito, crece total o parcialmente en el huésped, adherido por una simple célula o por un disco basal formado por pocas células o por un sistema de ramas postradas muy desarrolladas; las células apicales de las ramas llevan frecuentemente un pelo largo y hialino.

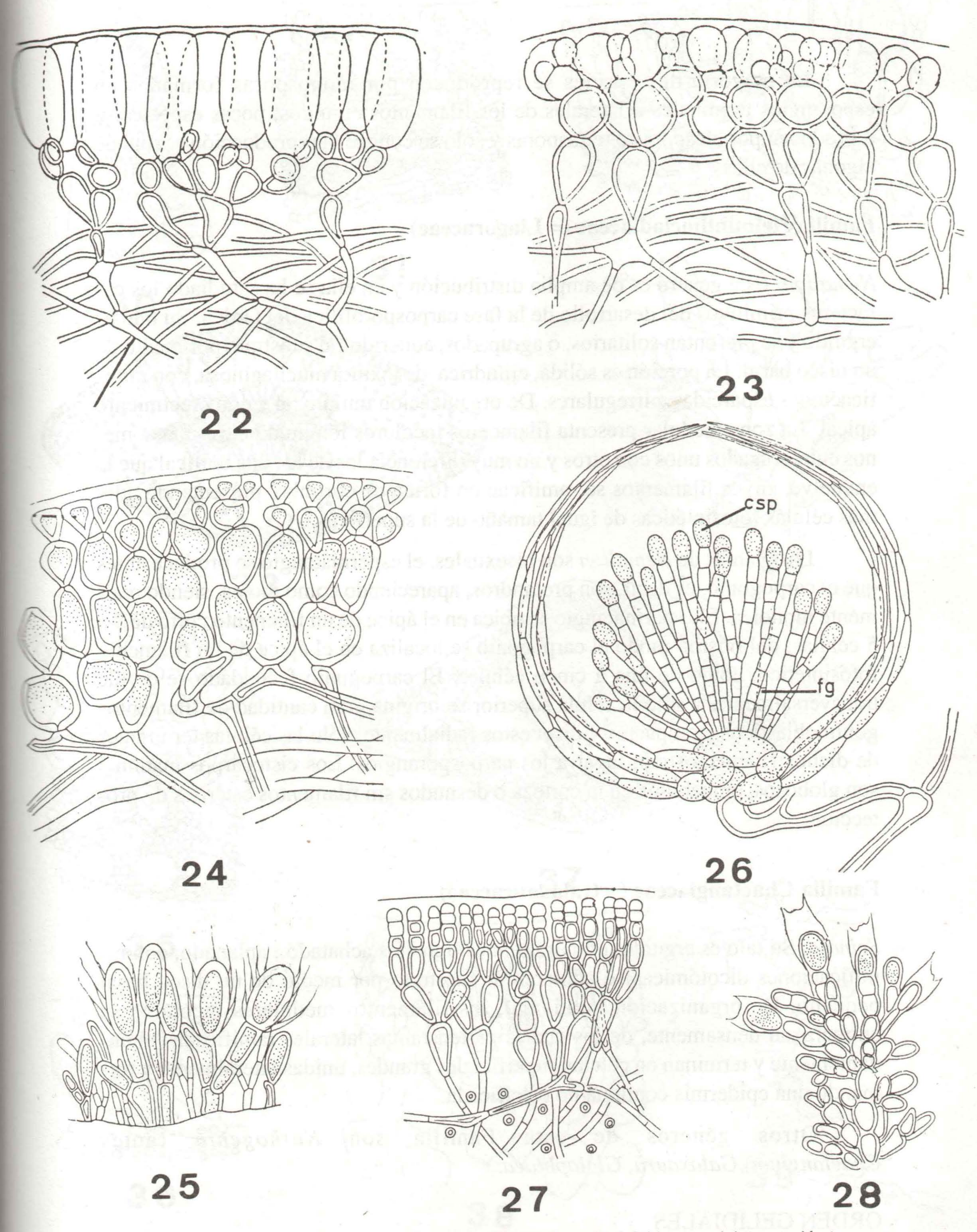


Fig.22 *Scinaia latifroms* sección transversal del talo. Fig.23 *Pseudogloiphloea undulata* sección transversal del talo. Figs.24 y 25 *Galaxaura oblongata*. Fig.24 Sección transversal del talo. Fig.25 Porción del cistocarpo: filamentos gonimoblásticos y carposporangios terminales. Fig.26 *Pseudogloiophloea undulata*, cistocarpo globular; f g, filamentos gonimoblásticos y csp, carposporangios. Figs.27 y 28 *Nothogenia fastigiatum*. Fig.27 Sección transversal del talo. Fig.28 Filamentos gonimoblásticos ramificados con carposporangios terminales.

La mayoría de especies se reproducen por monosporas formadas en esporangios terminales o laterales de los filamentos erguidos; pocas especies se reproducen por biesporas o tetrasporas y sólo se conoce la reproducción sexual de algunas de ellas.

Familia Helminthocladiaceae (= **Liagoraceae**)

Nemalion. Este género es de amplia distribución y en ella se ha estudiado los caracteres primitivos del desarrollo de la fase carposporofítica del Orden. Su talo es erguido y se presentan solitarios, o agrupados, adheridos al substrato por medio de un disco basal. La porción es sólida, cilíndrica, de textura mucilaginosa, con ramificaciones esparcidas e irregulares. De organización multiaxial y con crecimiento apical. La zona medular presenta filamentos incoloros longitudinales, más o menos entrecruzados unos con otros y no muy diferenciados de la zona cortical que la envuelve, cuyos filamentos se ramifican en forma de corimbo, presentando además células fotosintéticas de igual tamaño de la superficie.

Las plantas de *Nemalion* son bisexuales, el espermatangio se produce antes que el carpogonio, es decir, son protandros, apareciendo como dioica, siendo realmente monoica. El espermatangio se ubica en el ápice de un filamento corto de 3 a 5 células; del mismo modo el carpogonio se localiza en el ápice de un filamento fotosintético, como de una a cinco células. El carpogonio fecundado se divide transversalmente, y sólo la célula superior se origina gran cantidad de filamentos gonimoblásticos, compactos y dispuestos radialmente; sólo las células terminales de dichos filamentos dan lugar a los carposporangios. Los cistocarpos maduros son globosos, embebidos en la corteza o desnudos sin filamentos estériles de protección.

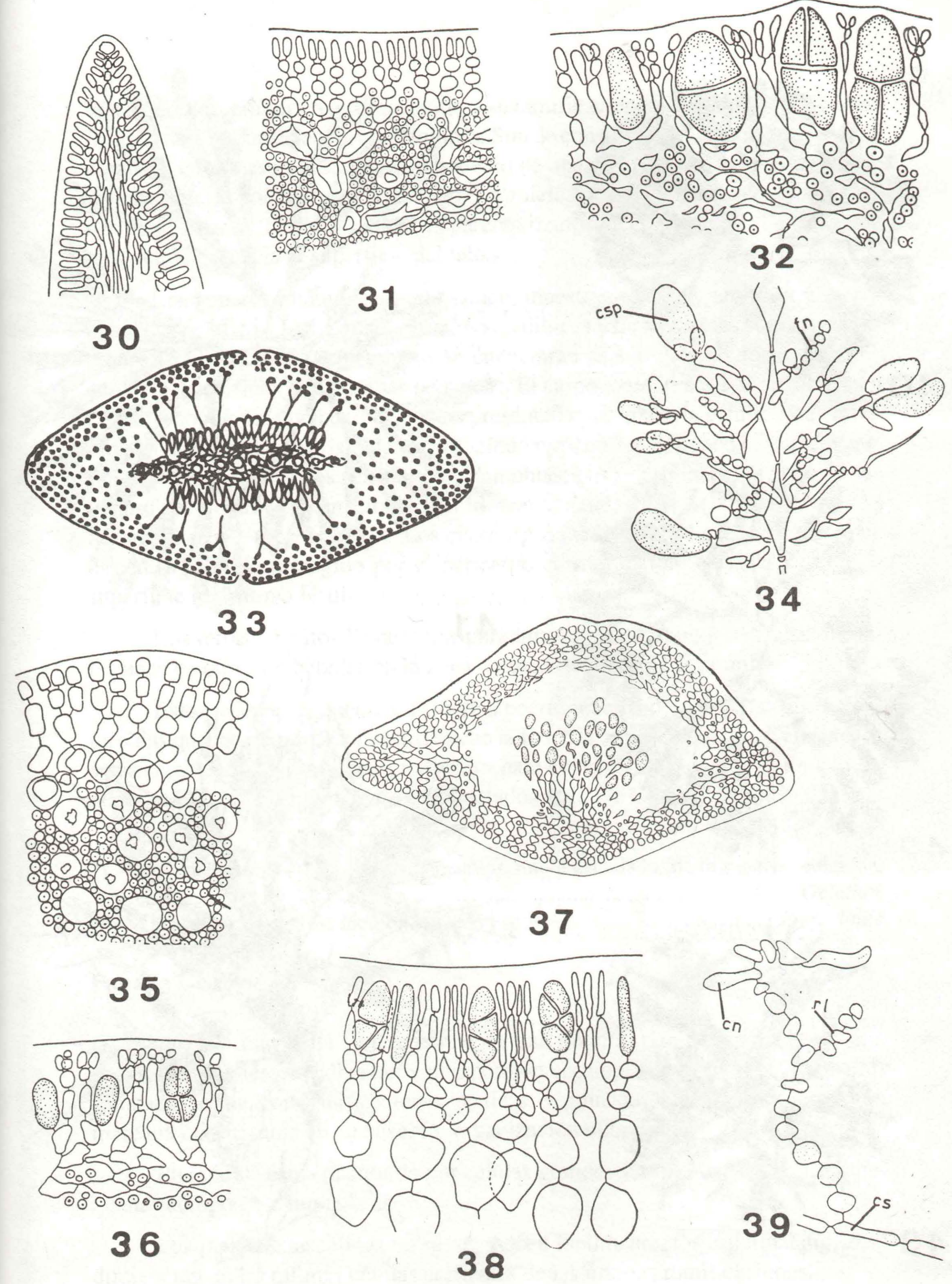
Familia Chaetangiaceae (= **Galaxauraceae**)

Scinaia. Su talo es erguido, cilíndrico, más o menos achatado,; aplanado, con ramificaciones dicotómicas se adhieren al substrato por medio de un disco basal pequeño. De organización multiaxial; los filamentos medulares incoloros se entrecruzan densamente, de los cuales parten ramas laterales ramificadas abundantemente y terminan en células superficiales grandes, unidas lateralmente y formando una epidermis continua no calcificada.

Otros géneros de esta Familia son *Nothogenia* (antes *Chaetangium*), *Galaxaura*, *Gloiophloea*.

ORDEN GELIDIALES

El talo de las Gelidiales presenta una organización no filamentosa,



Figs.30-32 *Gelidium chilense* **Fig.30** sección longitudinal del talo. **Fig.31** Sección transversal del talo. **Fig.32** Sección transversal del talo fértil, con tetrasporangios corticales. **Fig.33** *Gelidium* sp. Sección transversal del cistocarpo, bilocular, con carposporas en la zona media y dos ostiolos. **Fig.34** *Gelidium howei* Porción del cistocarpo: csp, casposporas y fn, filamentos nutritivos. **Figs.35,36** *Pterocladia pyramidale* sección transversal del talo y de la rama fértil con tetrasporangios corticales respectivamente. **Fig.37** *Pterocladia caloglossoides* Sección transversal del cistocarpo unilocular, masa de carposporas y un solo ostiolo. **Figs.38,39** *Leptocladia peruviana* sección transversal del tetrasporofito con tetrasporangios irregularmente zonados. Rama carpogonial, carpogonio terminal, cn, célula nutritiva; rl, rama lateral y cs, célula soporte.

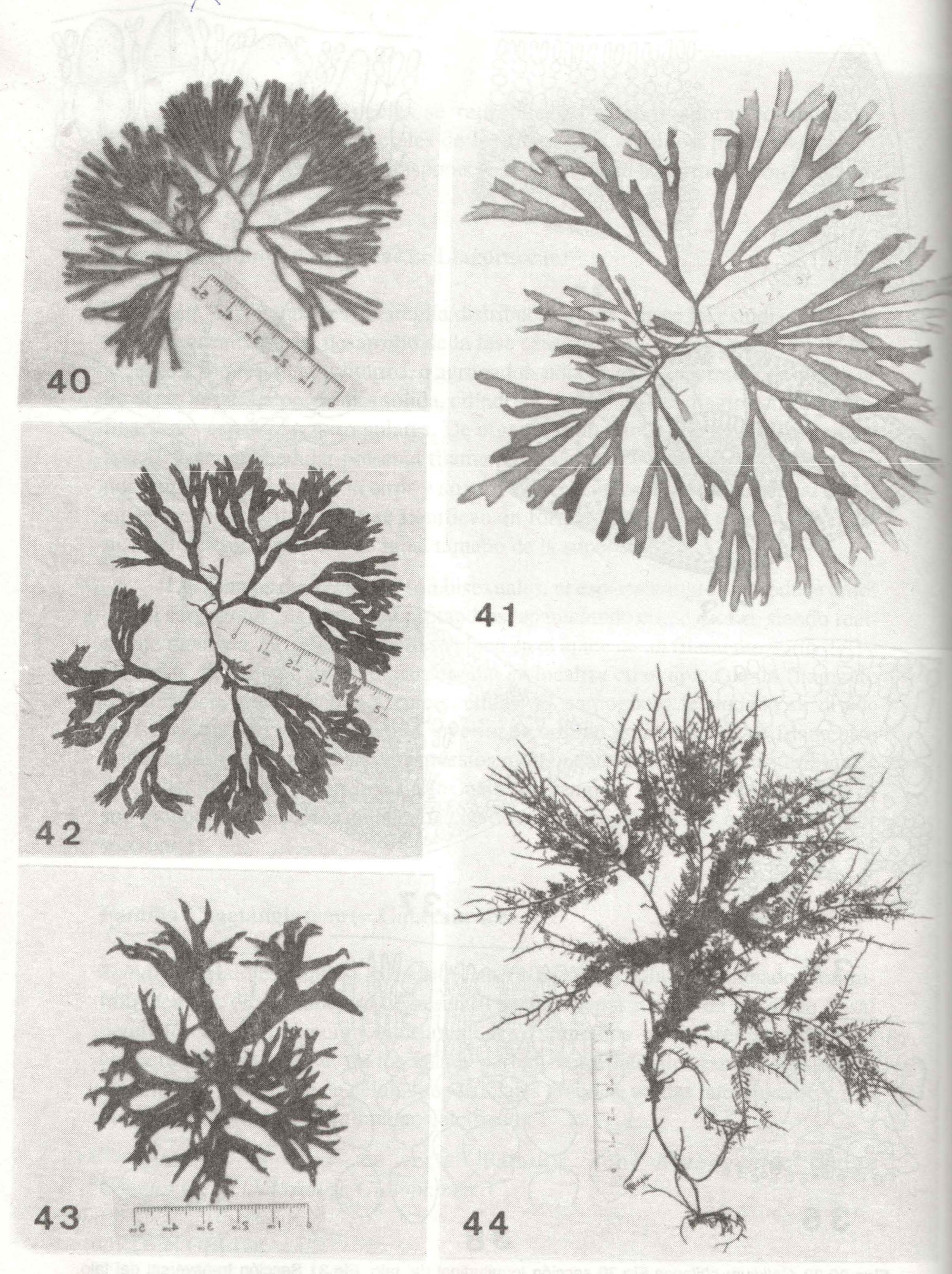


Fig.40 *Galaxaura oblongata* morfología del talo de una planta cistocárpica. **Fig.41** *Scinaia latifrons* hábito de una planta adulta. **Fig.42** *Pseudogloiophloea undulata* ejemplar adulto. **Fig.43** *Nothogenia fastigiatum* planta cistocárpica. **Fig.44** *Gelidium howei* planta cistocárpica.



macroscópica, cilíndrica o comprimida, con ramificaciones pinnadas o en distintas direcciones, de consistencia cartilaginosa. Son de construcción uniaxial: el eje principal, así como las ramas, crecen por medio de una célula apical y está frecuentemente cubierto por filamentos rizoidales paralelos originados de las células internas de la corteza; la zona cortical es parenquimatosa y contiene células cada vez más pequeñas hacia la superficie del talo.

Los géneros incluidos en este Orden, muestran una alternancia de generaciones isomórficas. Las plantas sexuales son dioicas y distinguibles sólo en condiciones fértiles. Los espermatangios se encuentran es soros de contorno elíptico, sobre la superficie de las ramas pequeñas. El carpogonio es sésil y se ubica en el extremo de la rama carpogonial representada por una sola célula: está embebida en la corteza y provisto de un tricogino largo, que se extiende hasta la superficie externa del talo. Los filamentos gonimoblásticos se originan directamente de la base del zigote y crecen paralelos al filamento axial; sólo sus células terminales desarrollan en carposporangios. Los cistocarpos maduros son hinchados y ocupan el centro del talo protegido por el pericarpo con un ostiolo en cada lado de la superficie de la rama fértil.

Los tetrasporofitos llevan tetrasporangios con tetrasporas cruzadas distantes unas de otras, embebidas en la zona cortical de las últimas ramitas.

Este Orden es pequeño, e incluye a pocos géneros dentro de las dos únicas familias que la integran. En nuestro medio la Familia representativa es **Gelidiaceae** y sus caracteres son los mismos indicados para el Orden; comprende a su vez a los géneros *Gelidium y Pterocladia* diferenciados según la Clave siguiente:

1. Cistocarpo con dos lóculos y dos ostiolos, uno a cada lado de la superficie del talo fértil..*Gelidium*

1'. Cistocarpo con un solo lóculo y un solo ostiolo .... *Pterocladia*

Familia Gelidiaceae

Gelidium. Su talo está diferenciado en una porción rizoidal rizomatosa con discos terminales de adhesión y una porción erguida, cilíndrica o más o menos achatada, sólida, con ramificaciones dísticas o pinnadas, alternas u opuestas con marcada constricción en su base. De organización uniaxial y crecimiento apical.

La médula está constituida por células grandes y la corteza con células pequeñas con pocas o numerosas.

Las plantas masculinas no se reconocen fácilmente, los espermatangios se diferencian de las últimas células corticales de las últimas ramificaciones.

Las plantas femeninas llevan el carpogonio en el ápice de la rama carpogonial

representada por una sola célula y situadas en las últimas ramitas, detrás del punto de crecimiento.

Simultáneamente con el desarrollo del carpogonio se desarrollan un grupo de células nutritivas a su alrededor a partir de las células basales del filamento axial.

Después de la fertilización, el carpogonio fecundado y la célula soporte se unen en una célula de forma irregular, de ésta se originan los filamentos gonimoblástico ramificados y dispuestos longitudinalmente a lo largo del filamento axial, entre las células nutritivas.

Los filamentos gonimoblásticos se sobreponen y forman un agregado de esporofitos incluidos dentro de un solo pericarpo.

El cistocarpo maduro produce dos ostiolos uno a cada superficie externa de la rama fértil.

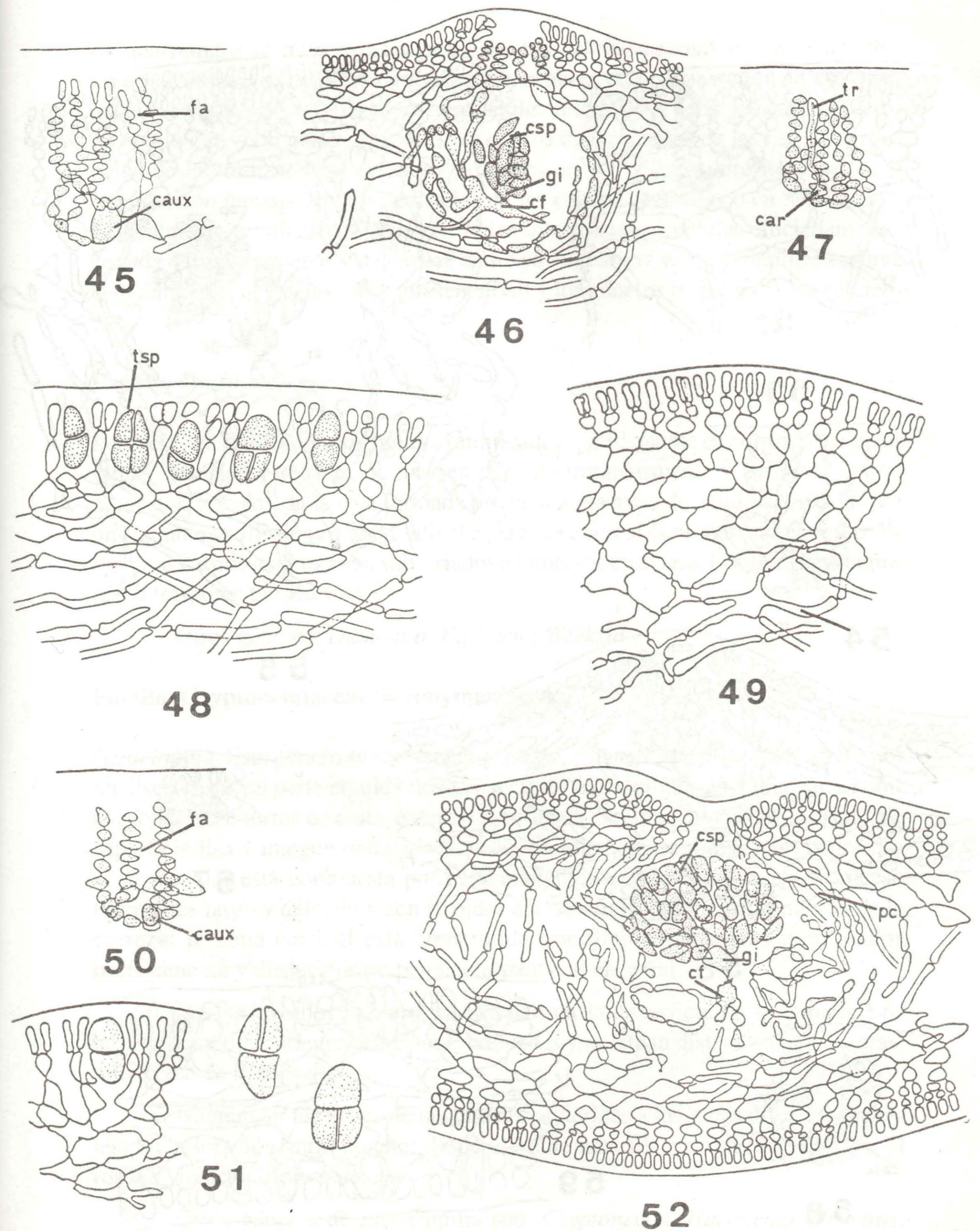
Otros géneros de esta Familia son *Gelidiella, Ptilophora, Capreolia.*

ORDEN GIGARTINALES

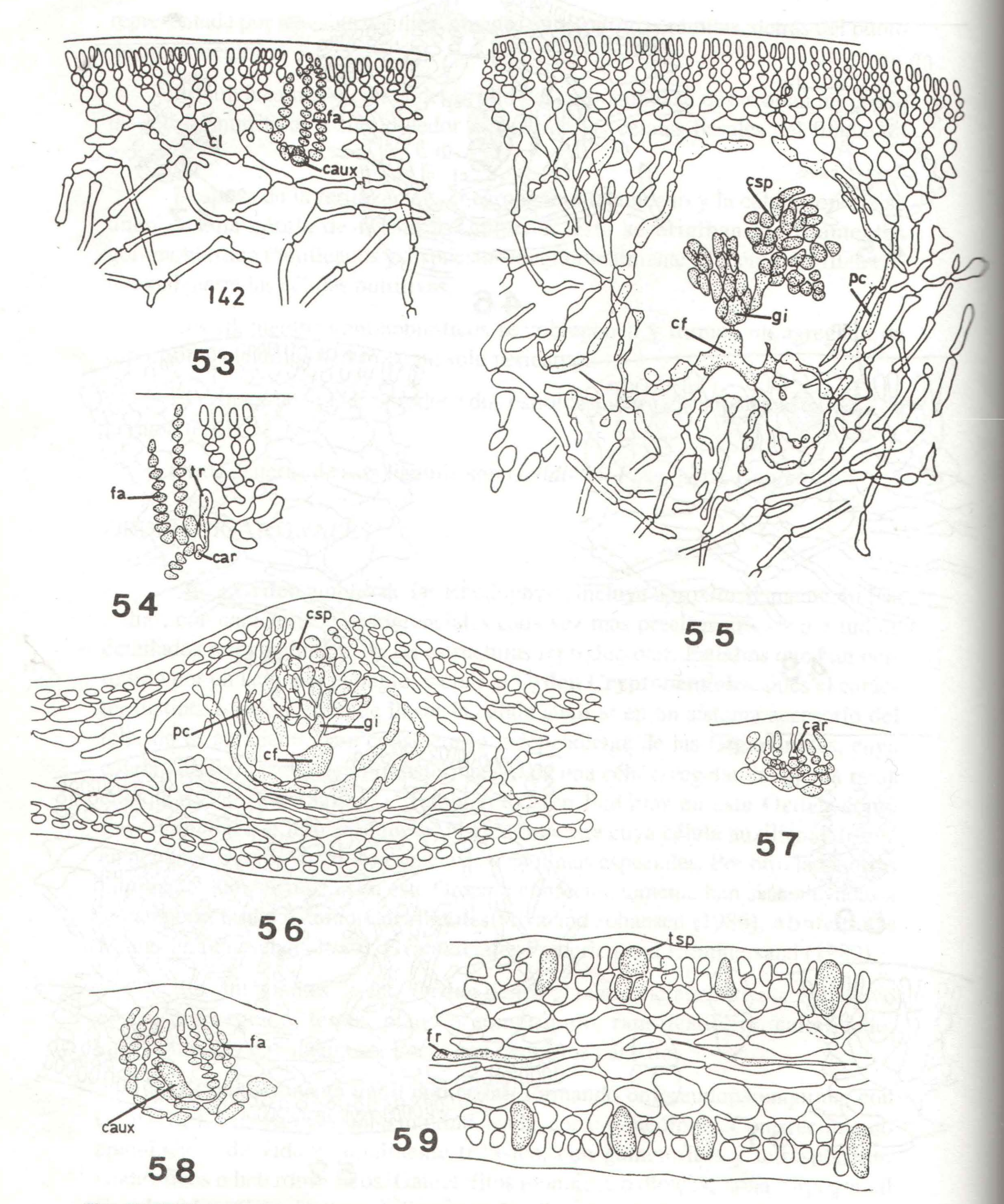
Este **Orden** amplio de las Rhodophyta, incluye aproximadamente 40 Familias, con características diferenciales cada vez más precisas gracias a estudios detallados principalmente de las estructuras reproductivas. Estudios que han permitido por un lado, por ejemplo, incluir al **Orden Cryptonemiales**, pues el carácter distintivo reconocido, de llevar la célula auxiliar en un sistema accesorio del talo, no es suficiente para considerarlo independiente de las **Gigartinales**, cuya célula auxiliar resulta de la transformación de una célula vegetativa de una rama cualquiera, no especializada. También existen Familias en este **Orden** como **Peyssonneliaceae, Plocamiaceae, Nizymeniaceae** cuya célula auxiliar se forma en nematecios reproductivos especiales o en ramas especiales. Por otro lado, otras familias se han segregado en este Orden y consecuentemente han sido elevadas a la categoria Ordinal como **Corallinales** Silva and Johansen (1986), **Ahnfeltiales** Maggs and Pueschel (1989), **Gracilariales** Fredericq and Hommersand (1989).

Los integrantes de este **Orden** tienen el talo generalmente macroscópico costroso o erguido, terete, plano o comprimido, ramificado, no calcificado, cartilaginoso o mucilaginoso. Pocos son pequeños parásitos.

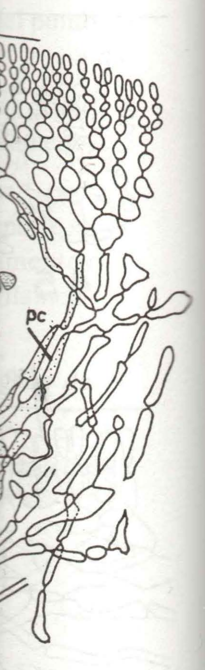
Estructuralmente uni o multiaxial, formando un pseudoparenquima, con células de forma variada, uni o multinucleada, con cromatóforos. Con crecimiento apical.Ciclo de vida generalmente trifásico, con gametofitos y tetrasporofito isomórficos o heteromórficos. Gametofitos monoicos o dioicos; rama carpogonial situada en las células internas de la corteza, la célula soporte mono o policarpogonial; procárpico o no, célula auxiliar localizada en un sistema accesorio especializado,



Figs.45-47 *Halymenia cerratei*. **Fig.45** Ampolla de la célula auxiliar: caux, célula auxiliar; fa, filamentos de la ampolla. **Fig.46** Diferenciación del cistocarpo, gi, gonimoblasto inicial; cf, célula de la fusión; csp, carposporas. **Fig.47** Ampolla de la rama carpogonial: car, carpogonio; tr, tricogino. **Fig.48** *Halymenia tenera* Sección transversal del tetrasporofito. **Fig.49** *Grateloupia filicina* Sección transversal del talo. **Figs.50, 52** *Grateloupia rojasii*. **Fig.50** Ampolla de la célula auxiliar. **Fig.51** *Grateloupis rojasii* sección transversal del tetrasporofito y tetrasporas.



Figs.53-55 *Phyllymenia papenfussii* sección transversal del gametofito con la ampolla de la célula auxiliar. Ampolla de la rama carpogonial y desarrollo del cistocarpo respectivamente. **Figs.56-59** *Cryptonemia limensis*. **Fig.56** Desarrollo del cistocarpo. **Fig.57** Ampolla de la rama carpogonial. **Fig.58** Ampolla de la célula auxiliar. **Fig.59** Sección transversal del tetrasporofito, tetrasporangios y fc filamentos refringentes en la médula.



en una rama o se transforma a partir de una célula vegetativa. Los filamentos gonimoblásticos se orientan en algunos casos hacia la superficie del talo, en otros, hacia el centro. Cistocarpo maduro es generalmente globoso, sobresaliente o inmerso en el talo con o sin pericarpo.Los espermacios diferenciados de las células terminales de la corteza, generalmente agrupados en soros.Tetrasporofito costroso o erguido, con tetrasporangios derivados de las células corticales o en nematecios, generalmente terminales, a veces en series intercalares, divididas cruciadamente, zonada o irregularmente.Este Orden, como ya indicamos, es muy amplio e incluye a 40 Familias, siendo las más representativas y los géneros respectivos los siguientes:

Familia Dumontiaceae

Leptocladia. Planta de talo erguido, ramificada repetidamente en forma alterna, las ramas aplanadas, lineales, de margen dentado irregularmente y un costa central notoria; la zona medular está formada por una hilera axial de células, rodeadas por un conjunto de filamentos longitudinales; la zona cortical es pseudoparenquimatosa. Los cistocarpos maduros son subseriados e inmersos en el talo. Los tetrasporangios con tetrasporas tetraédricas.

Otros géneros: *Dumontia, Farlowia, Weeksia*

Familia Cryptonemiaceae (= Halymeniaceae)

Grateloupia. Este género se representa solitario, o agrupado, y fijo al substrato por un disco basal; su parte erguida lleva un estípite corto, cilíndrico y una parte laminar foliácea en forma de cinta, entera o ramificada dicotómica o palmadamente, de superficie lisa y margen ondulado, a veces con numerosas ramas marginales. La zona medular está compuesta por células incoloras estrelladas, con un proceso filamentos largo y delgado y con rizoides que se originan de la parte interna de la corteza; la zona cortical está constituida por filamentos cortos ramificados profusamente y dispuestos perpendicularmente al eje axial.

Los cistocarpos maduros sobresalen en la superficie de la lámina. Los tetrasporangios contienen tetrasporas cruciadas y se sitúan distantes unas de otras, muy cerca de la superficie.

Habitan en las zonas de las mareas, adheridas a las rocas diferentes niveles. Su coloración varía mucho: desde el verde amarillento, marrón violáceo, al rosado violáceo iridiscentes.

Otros géneros de esta Familia son: *Cryptonemia, Halymenia, Prionitis, Phyllymenia.*

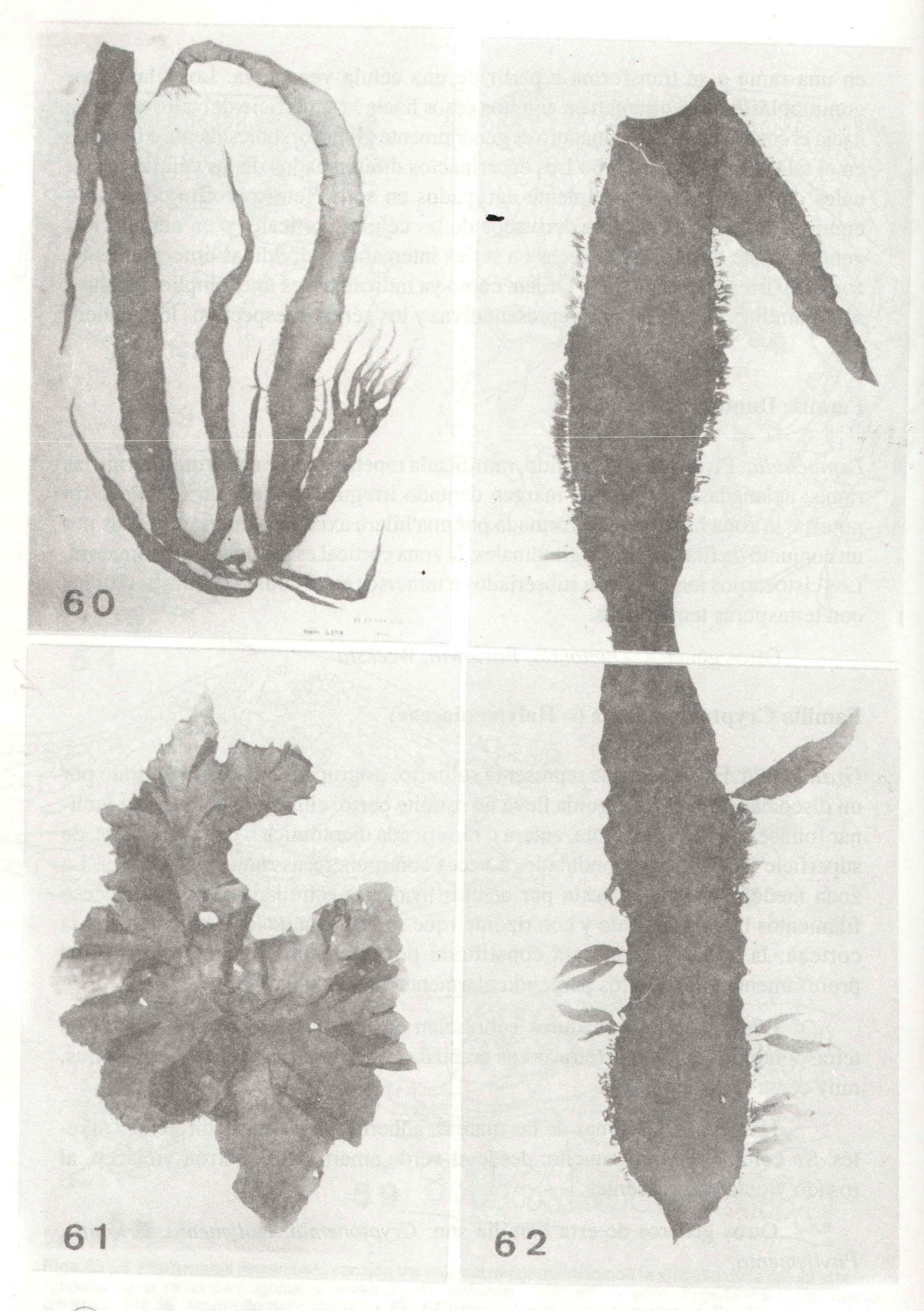


Fig.60 *Grateloupia doryphora* planta tetraspórica. Fig.61 *Grateloupia rojasii* planta cistocárpica. Fig.62 *Phyllymenia papenfussii* hábito de una planta cistocárpica.

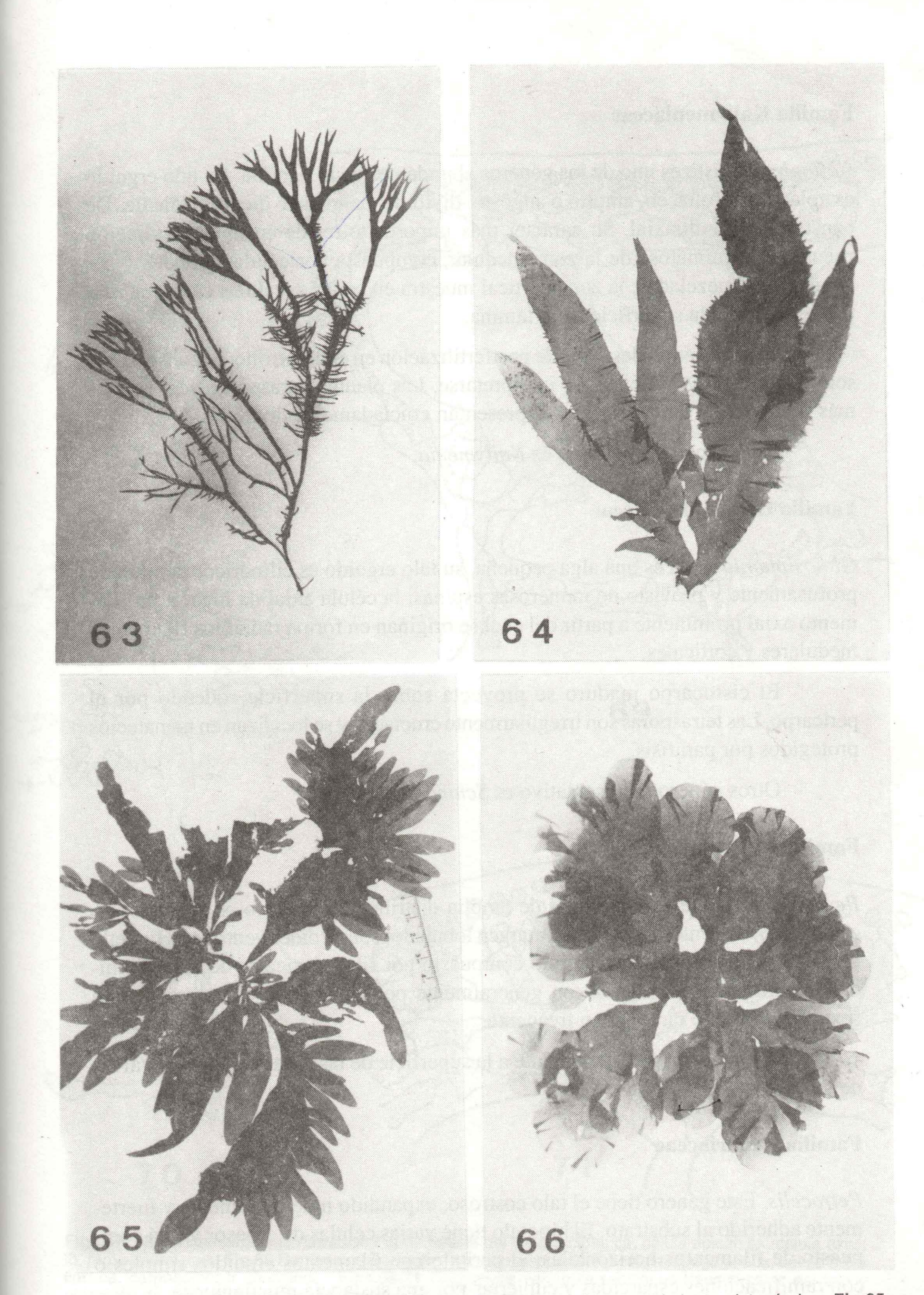


Fig.63 *Prionitis decipiens* planta tetraspórica. **Fig.64** *Halymenia cerratei* planta cistocárpica. **Fig.65** *Cryptonemia obovata* planta tetraspórica. **Fig.66** *Cryptonemia limensis* planta cistocárpica.

Familia Kallymeniaceae

Callophyllis. Este es uno de los géneros abundantes de la Familia. Su talo erguido es aplanado o foliáceo, amplio o angosto, dividida, palmada o dicotomamente. De construcción multiaxial. Su carácter más importante reside en la estructuración pseudoparenquimatosa de la zona medular, compuesta por células grandes y pequeñas entremezcladas; la zona cortical muestra en cambio, células cada vez más pequeñas hacia la superficie de la lámina.

En este género las fases de postfertilización en el desarrollo del cistocarpo son complejos y difíciles de interpretarse. Las plantas tetrasporofíticas son las más frecuentes y las tetrasporas se presentan cruciadamente divididas.

Otro género importante es *Kallymenia*

Familia Gloiosiphoniaceae

Gloiosiphonia. Esta es una alga pequeña, su talo erguido es cilíndrico, ramificado profusamente y provisto de numerosas espinas; la célula axial da lugar a un filamento axial prominente a partir del cual se originan en forma radial los filamentos medulares y corticales.

El cistocarpo maduro se proyecta sobre la superficie rodeado por el pericarpo. Las tetrasporas son irregularmente cruciadas y se localizan en nematecios protegidos por parafisis.

Otros género representativo es *Schimmelmannia.*

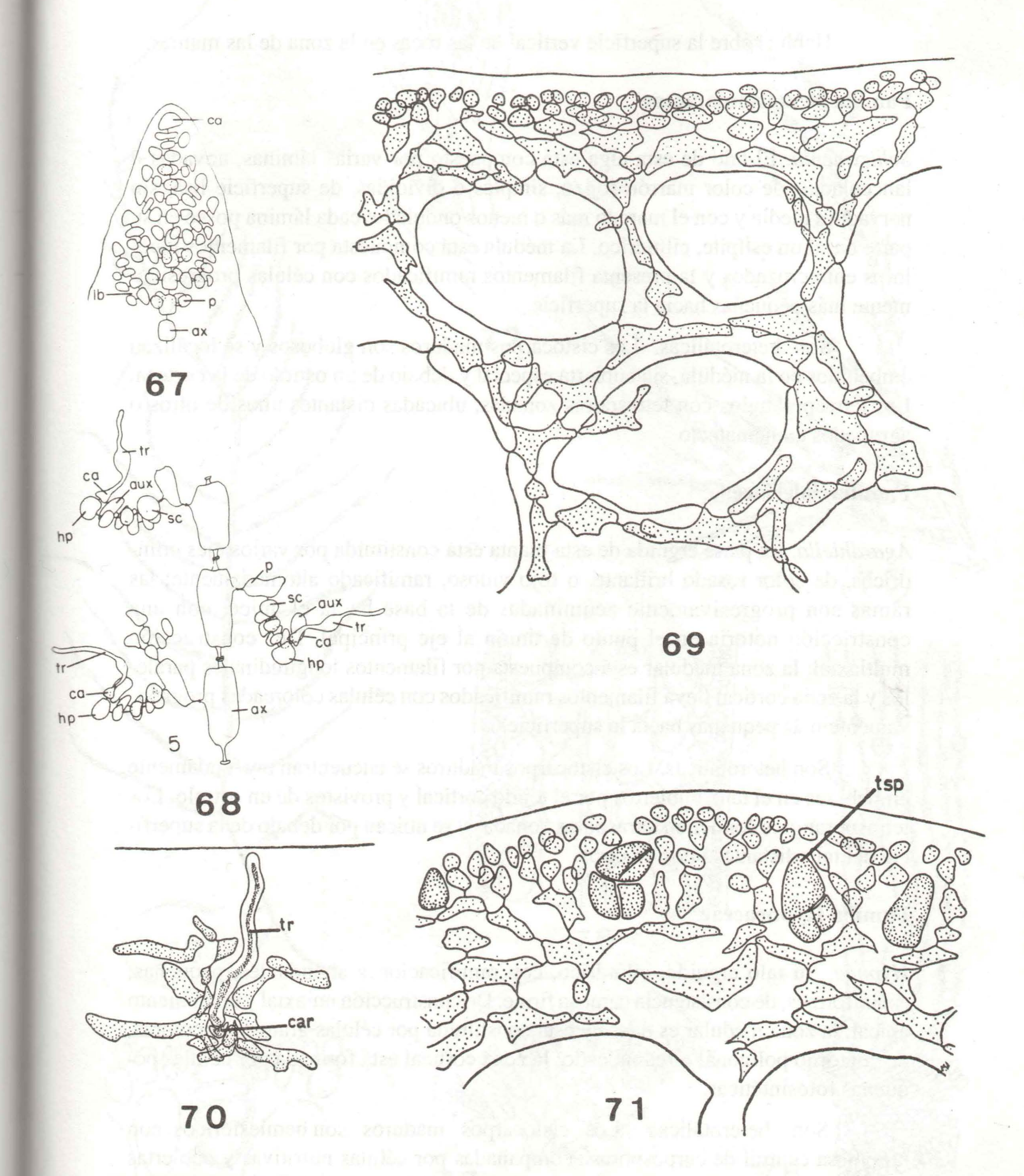
Familia Peyssonneliaceae

Peyssonnelia. Este es un género de amplia distribución. Su talo es costroso, no calcificado, de contorno circular y margen lobulado; con rizoides ventrales. Hipotalo definido, monostromático; peritalo compuesto por filas verticales de células unidas lateralmente. Se reproducen generalmente por tetrasporas. La reproducción sexual es bastante rara y poco frecuente.

Viven adheridas fuertemente a la superficie de las rocas o sobre las valvas de moluscos.

Familia Crouriaceae

Petrocelis. Este género tiene el talo costroso, expandido indefinidamente y fuertemente adherido al substrato. El hipotalo tiene varias células de espesor y está compuesto de filamentos horizontales; el peritalo con filamentos erguidos simples o con ramificaciones esparcidas y cubiertas por una sustancia mucilaginosa.



Figs.67, 68 *Schimmelmannia dawsonii.* **Fig.67** detalle del eje principal: ca, célula apical; ax, célula axial; lb, rama lateral. iolo. **Fig.68** Ramas carpogoniales: sc, célula soporte; hp célula hipogina; aux, célula auxiliar; ca, carpogonio; tr, tricogino. **Figs.59-71** *Callophyllis variegata* secciones transversales del talo y ubicación de los tetrasporangios respectivamente.

Habita sobre la superficie vertical de las rocas en la zona de las mareas.

Familia Nemastomataceae

Schizymenia. El talo de esta alga está compuesto por varias láminas, aovadas o lanceoladas, de color marrón rojizo, simples o divididas, de superficie lisa, sin nervadura media y con el margen más o menos ondulado; cada lámina posee en su parte basal un estípite, cilíndrico. La médula está compuesta por filamentos incoloros entrecruzados y la presenta filamentos ramificados con células progresivamente más pequeñas hacia la superficie.

Son heterotálicas. Los cistocarpos maduros son globosos y se localizan embebidos en la médula, sin cubierta especial y debajo de un ostiolo de la corteza. Los tetrasporangios con tetrasporas zonadas, ubicadas distantes unos de otros o agrupados en nematecio.

Familia Soleriaceae

Agardhiella. La parte erguida de esta planta está constituida por varios ejes cilíndricos, de color rosado brillante, o rojo vinoso, ramificado alternadamente; las ramas son progresivamente acuminadas de la base hacia el ápice, con una constricción notoria en el punto de unión al eje principal. De construcción multiaxial; la zona medular está compuesta por filamentos longitudinales paralelos y la zona cortical lleva filamentos ramificados con células coloreadas progresivamente más pequeñas hacia la superficie.

Son heterotálicas. Los cistocarpos maduros se encuentran profundamente embebidos en el talo, cubiertos por el tejido cortical y provistos de un ostiolo. Los tetrasporangios contienen tetrasporas zonadas y se ubican por debajo de la superficie del talo distantes unos de otros.

Familia Hypneaceae

Hypnea. Su talo erguido, cilíndrico, con ramificaciones abundantes, pequeñas, espiniformes, de consistencia carnosa firme. De construcción uniaxial y crecimiento apical; la zona medular es densa y está constituida por células grandes, incoloras, de contorno poligonal o redondeado; la zona cortical está formada por células pequeñas fotosintéticas.

Son heterotálicas. Los cistocarpos maduros son hemiesféricos, con una masa central de carposporas acompañadas por células nutritivas y cubiertas por un pericarpo, provisto de un ostiolo o no. Los tetrasporangios con tetrasporas zonadas, agrupados en soros y localizados en ramas laterales cortas.

Fig.72 *Plocamium* sp. detalle extremo del talo. **Figs.73, 74** *Agardhiella tenera*. **Fig.73** planta cistocárpica. **Fig.74** Sección transversal del tetrasporofito con tetrasporangios zonados. **Figs.75,76,77** *Hypnea valentiae*. **Fig.75** Morfología del talo. **Fig.76** Sección longitudinal del talo. **Fig.77** Sección transversal del tetrasporofito con tetrasponagios zonados. **Fig.78** *Petrocelis* sp. Sección longitudinal del talo.

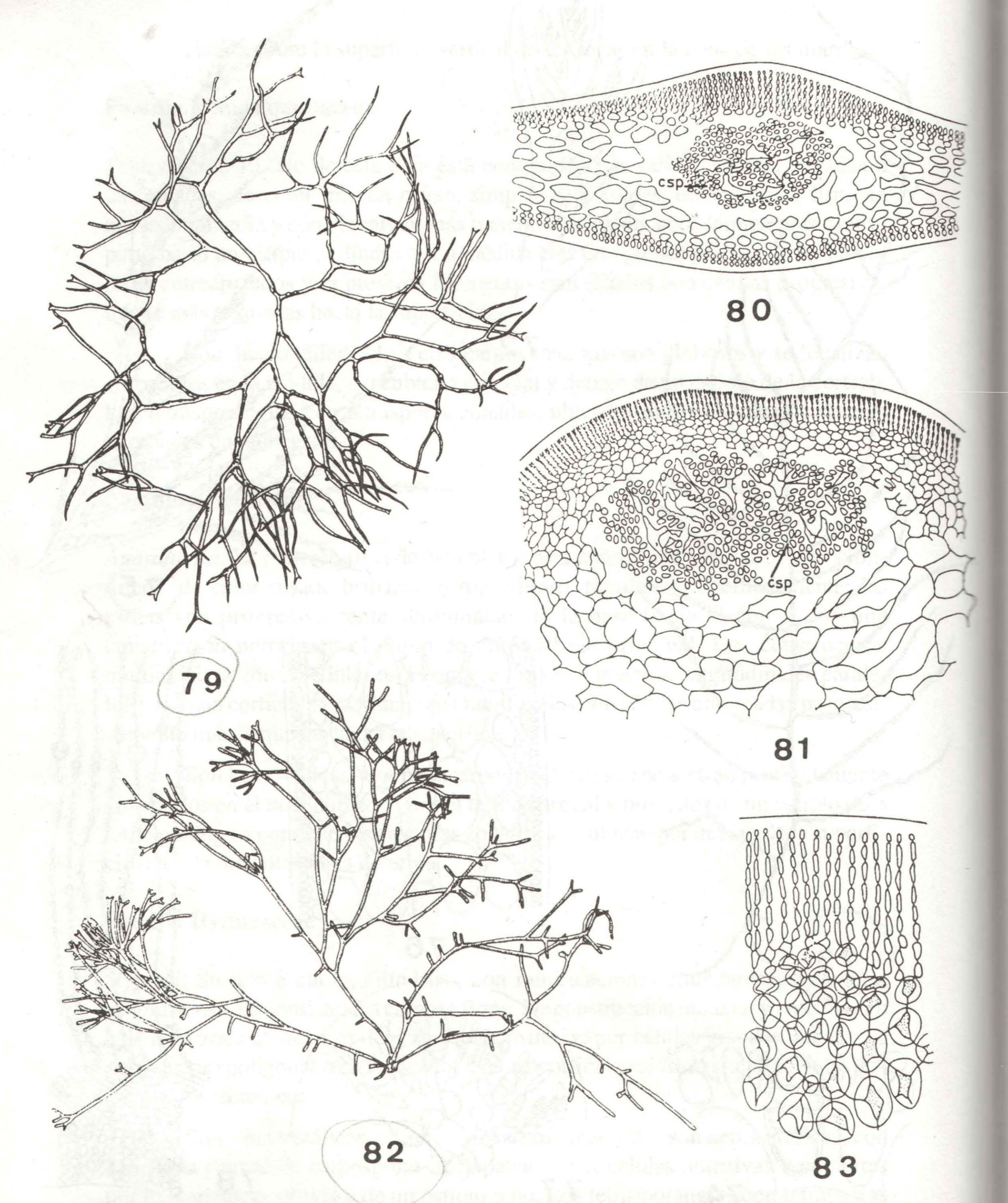
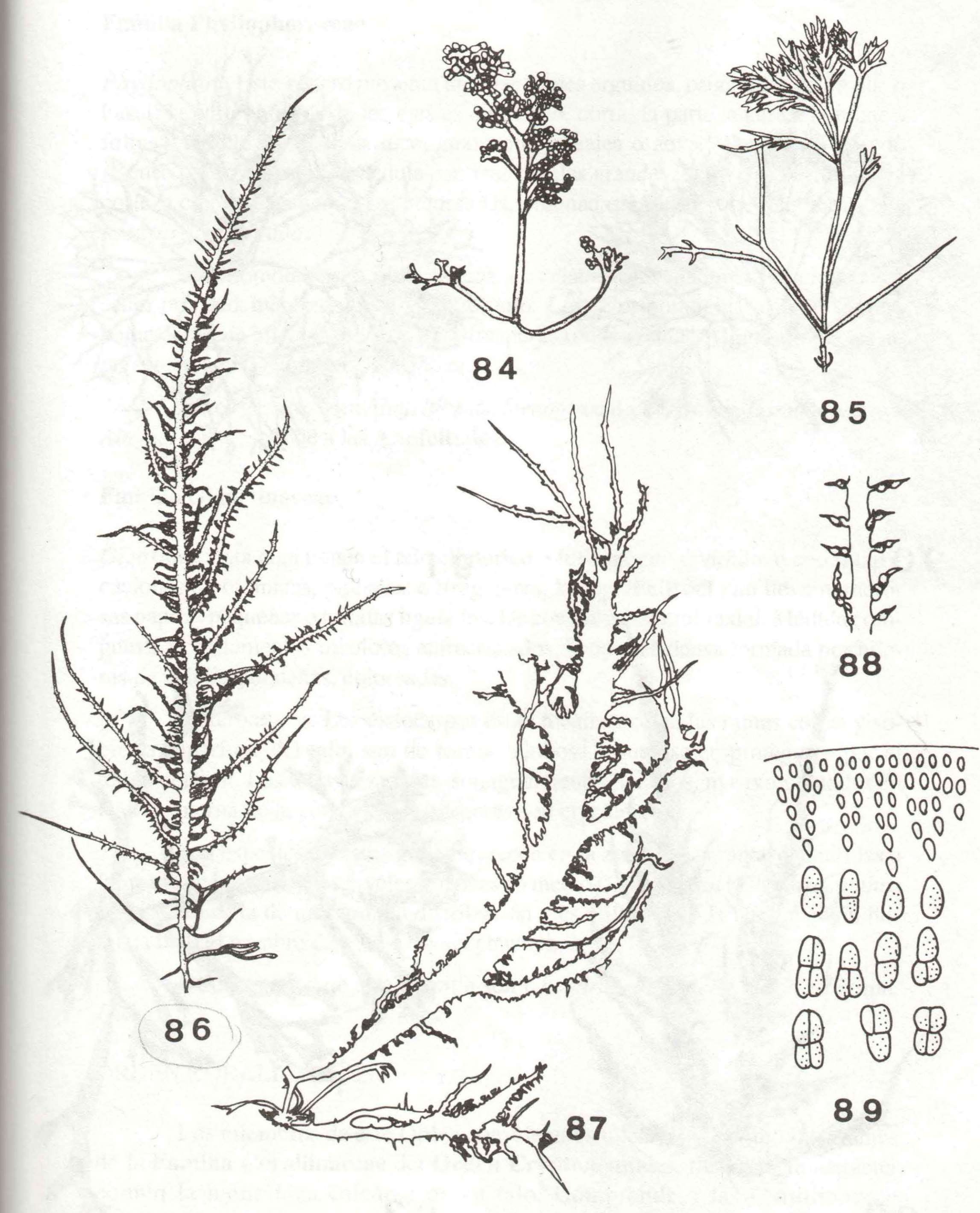


Fig.79 *Gymnogongrus furcellatus* planta cistocárpica. **Fig.80** *Gymnogongrus divaricatus* cistocarpo en sección transversal. **Fig.81** *Gymnogongrus disciplinalis* cistocarpo en sección transversal. **Fig.82** *Ahnfeltia durvillaei* morfología de un ejemplar juvenil. **Fig.83** *Ahnfeltia conncina* sección transversal del talo.

Figs.84, te. Figs cistocár tetraspo



Figs.84, 85 *Gigartina* (= *Chondracanthus*) *glomerata* Ejemplares cistocáspico y masculino respectivamente. Figs.86- 89 *Gigartina* (= *Chondracanthus*) *chamissoi*. Figs.86, 87 Morfología de los ejemplares cistocárpicos. Fig.88 detalle de los cisto-carpos. Fig.89 Sección transversal del tetrasporofito con tetrasporangios en series.

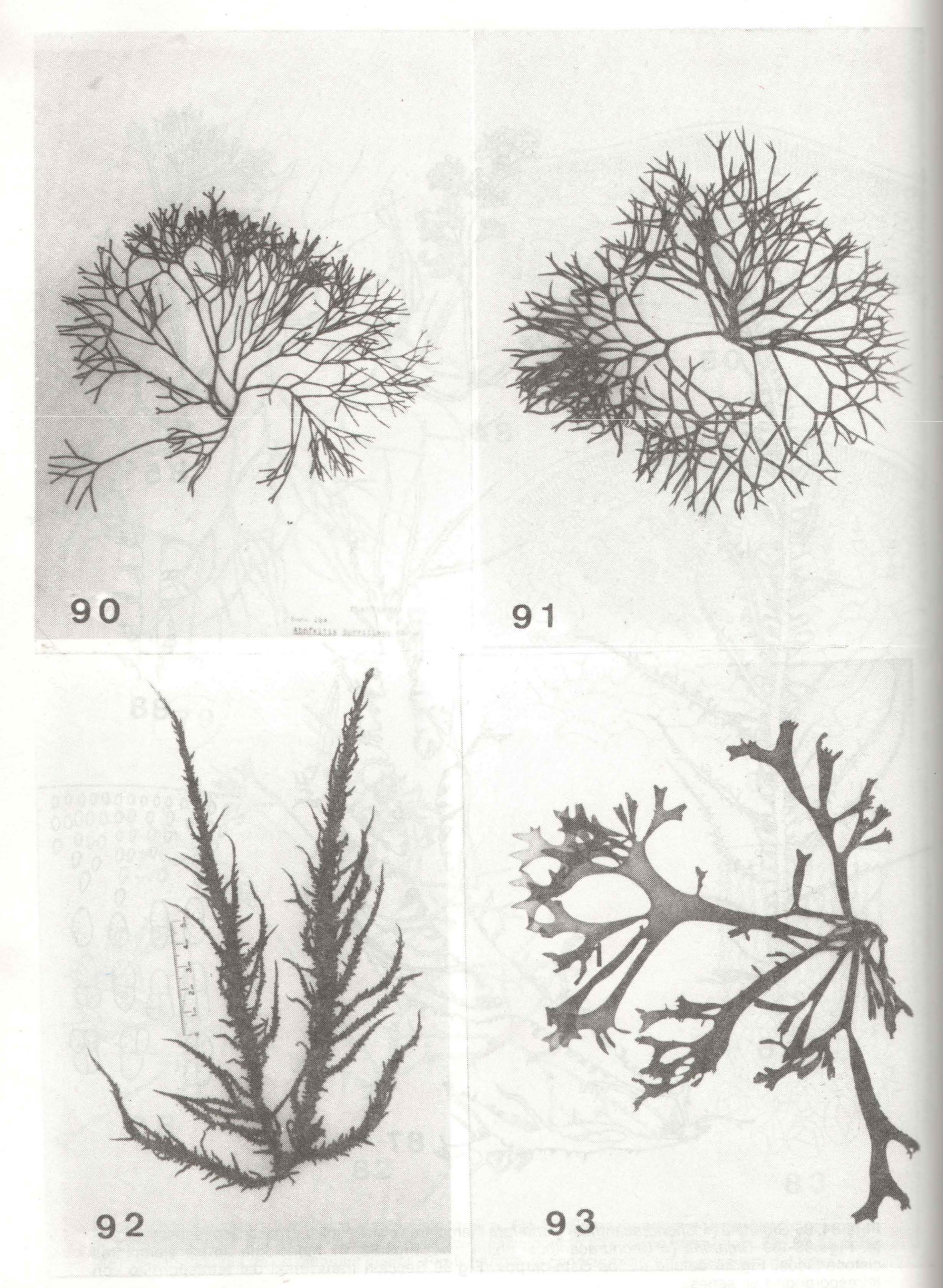


Fig.90 *Ahnfeltia durvillaei*. **Fig.91** *Gymnogongrus furcellatus*. **Fig.92** *Gigartina* (= *Chondracanthus chamissoi*). **Fig.93** *Chondrus canaliculatus*.



Familia Phyllophoraceae

Phyllophora. Este género presenta uno o más ejes erguidos, originados de un disco basal; la parte inferior de los ejes es cilíndrico, corta, la parte superior laminar o foliosa, simple o divididas dicotomamente, lineales o aovadas, de color rosado intenso o rojo vinoso. La médula contiene células grandes incoloras, angulosas; la corteza con células pequeñas, coloreadas, ordenadas en hileras perpendiculares a la superficie del talo.

Son homotálicas o heterotálicas. Los cistocarpos maduros son globosos y están profundamente embebidos en el talo. Los tetrasporangios se localizan en nematecios, en hileras verticales: la tetrasporas son cruciadas. Algunas especies no presentan generación tetrasporofítica.

Otros géneros son: *Ahnfeltiopsis, Stenogramme, Schottera, Gymnogongrus. Ahnfeltia* corresponde a las **Ahnfeltiales.**

Familia Gigartinaceae

Gigartina. Esta alga tienen el talo cilíndrico o foliáceo: no dividido, o con ramificaciones dicotómicas, pinnadas e irregulares; la superficie del talo lleva numerosas papilas pequeñas o ramitas liguladas. De construcción multiaxial. Médula compuesta por filamentos incoloros entrecruzados; la corteza densa formada por hileras de células pequeñas, coloreadas.

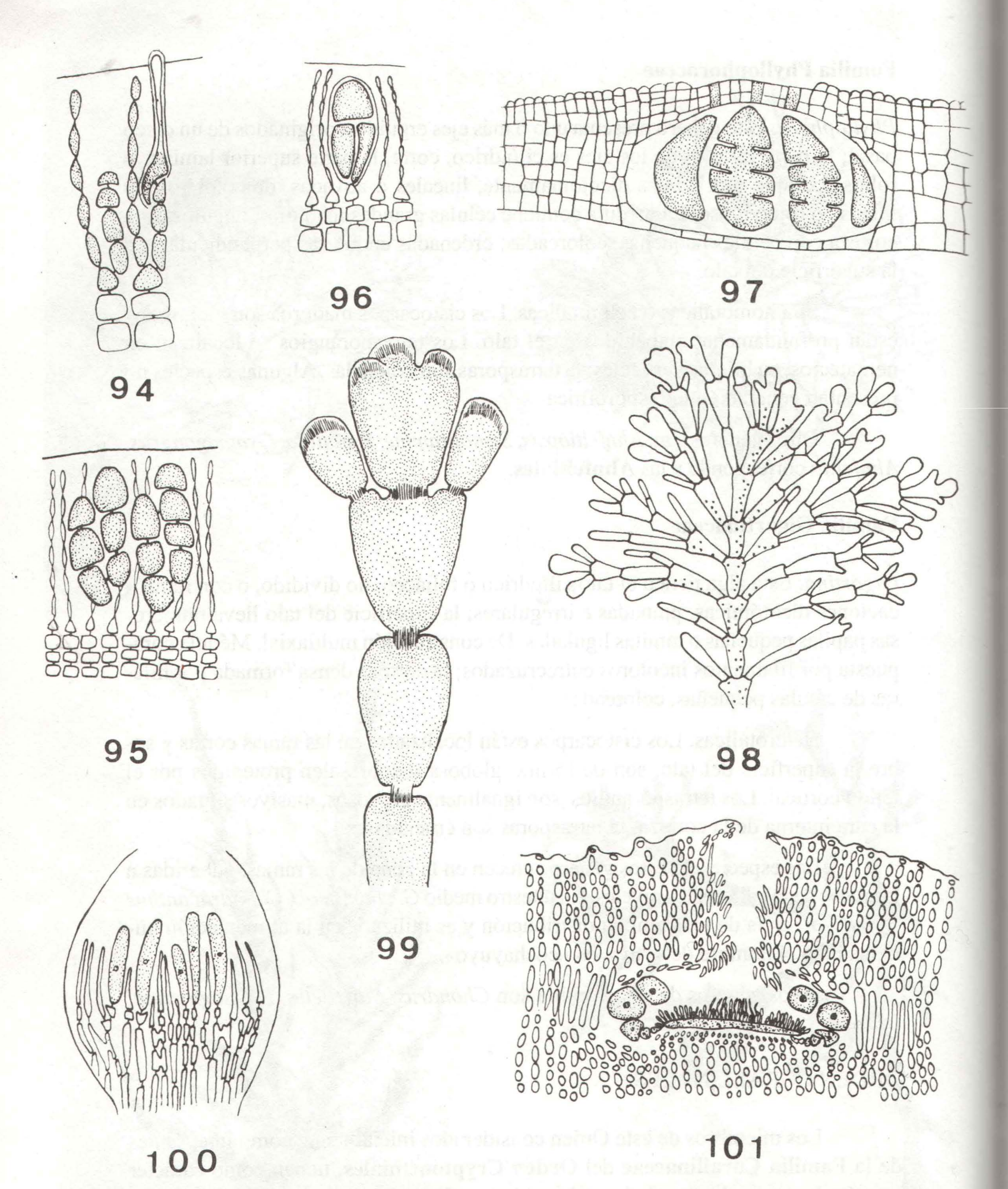
Heterotálicas. Los cistocarpos están localizados en las ramas cortas y sobre la superficie del talo, son de forma globosa y sobresalen protegidos por el tejido cortical. Los tetrasporangios son igualmente globosos, masivos situados en la cara interna de la corteza: la tetrasporas son cruciadas.

Las especies de estos géneros crecen en la zona de las ramas, adheridas a las rocas de los diferentes niveles. En nuestro medio *G. chamissoi* (*Chondracanthus chamissoi)* es la de más amplia distribución y es utilizada en la alimentación humana bajo el nombre de «yuyo» o «cochayuyo».

Otros géneros de esta Familia son *Chondrus, Mazzaella, Rhodoglossum, Iridaea.*

ORDEN CORALLINALES

Los miembros de este Orden considerados inicialmente como integrantes de la **Familia Corallinaceae** del **Orden Cryptonemiales,** tienen como carácter común la naturaleza calcárea de su talo. Comprende a las Corallinaceae pseudoparenquimatosas no geniculadas (no articuladas) con construcción variada monómera, dímera o difusa, así como a las Corallinaceae geniculadas (o articula-



Figs.94,96 *Peysonnelia* sp. **Fig.94** rama carpogonial. **Fig.95** carposporas. **Fig.96** Tetrasporangios. **Fig.67** *Melobesia* sp. sección longitudinal del tetrasporofito con tetrasporangios cruciados. **Figs.98-100** *Corallina officinalis*. **Figs.98,99** porción del talo articulado y detalle más umentado. **Fig.100** cistocarpo con carposporas. **Fig.101** *Lithophyllum* sp. sección longitudinal del talo, cistocarpo, carposporas y ostiolo.

das), con estructura multiaxial, diferenciada en una zona cortical y otra medular, con la pared de las células vegetativas del intergenículo impregnadas de calcita, no así la de las células del genículo y las apicales. Con las células de los filamentos adyacentes unidas por fusión celular o «pit conection» secundarios. Células con cromatóforos, sin pirenoides. Crecimiento apical o subapical.

Ciclo de vida trifásico isomórfico, en algunos con el tetrasporofito heteromórfico.Gametofitos monoicos o dioicos, carpogonios y espermatangios localizados en conceptáculos separados y uniporados. Las carposporas desarrollan del carpogonio fecundado dentro del conceptáculo. Filamentos espermatangiales en filamentos ramificados o no en la base del conceptáculo.Tetrasporofitos con conceptáculos uni o multiporados, con tetrasporangios zonados o cruciados, solitarios o agrupados en soros; a veces con biesporas en vez de tetrasporas.

Son epilíticas, epifíticas y epizoicas o sobre substratos duros. Su coloración es generalmente constante rosado a púrpura, verdoso,amarillento, rojizo o marrón rojizo, varía según la luz.

Este Orden incluye a dos **Familias** : **Corallinaceae** y **Sporolithaceae.**

Familia Corallinaceae

Esta familia representativa del Orden, incluye a las formas macroscópicas no geniculadas o geniculadas, con los caracteres generales indicados para el Orden.

Los tetrasporangios se originan en la pared basal de los conceptáculos y lleva las tetrasporas zonadas.

La naturaleza geniculada o no geniculada es un carácter primario usado para diferenciar las Subfamilias y los géneros representativos:

Melobesioideae con *Melobesia, Mesophylum, Lithothamnion.*
Choreonematoideae con *Choreonema.*
Lithophylloideae con *Lithophyllum.*
Mastophoroideae con *Mastophora, Hydrolithon, Spongites, Neogoniolithon.*
Amphiroideae con *Amphiroa, Jania, Cheilosporun.*
Corallinoideae con *Corallina, Arthrocladia.*
Metagoniolithoideae con *Metagoniolithon.*

Familia Sporolithaceae

Tetrasporofito con tetrasporangios cruciadamente dispuestos, solitarios o en soros en los conceptáculos. Género representativo *Sporolithon.*

ORDEN GRACILARIALES

La **Familia Gracilariaceae** incluida en el **Orden Gigartinales** fue segregada y elevada a la categoría Ordinal por Fredericq and Hommersand (1989), en base a la ausencia de una célula auxiliar, detalles de las divisiones de la célula apical y desarrollo del carposporofito y el espermatangio. Los géneros incluidos en este Orden tienen el talo erguido, terete o aplanado, ramificado. de organización multiaxial, pseudoparenquimatoso, la corteza con células cada vez más pequeñas hacia la periferie, fotosintéticas y la médula con células incoloras grandes. Las células apicales se dividen oblicuamente.

Ciclo de vida trifásico son gametofitos y tetrasporofito isomórficos. Gametofitos generalmente dioicos; carpogonio con dos células, sin célula auxiliar; el carpogonio fecundado se fusiona con células estériles próximas que desarrollan los gonimoblastos iniciales hacia afuera y lateralmente y a su vez establecen conexiones secundarias con las células gametofíticas de la cara interna del cistocarpo; con una masa de carposporas. Cistocarpo hemiesférico, proyectado con un pericarpo ostiolado. Espermatangios diferenciados de las células superficiales de la corteza o en cavidades corticales. Tetrasporangios en la zona cortical en tetrasporas dispuestascruciadamente.

La familia representativa es Gracilariaceae con las características indicadas para el Orden y comprende a los géneros: *Gracilaria, Gracilariopsis, Melanthalia, Curdiea.*

Los géneros *Polycavernosa* e *Hydropuntia* son incluidos en *Gracilaria.*

Se incluye también en esta Familia al género *Gracilariophila* parásito de *Gracilaria.*

ORDEN BONNEMAISONIALES

Este Orden fue separado de las **Nemaliales** por Feldmann et Feldmann (1942) en base a su ciclo de vida con alternancia de generaciones heteromórfica, su estructura uniaxial con células subapicales que originan los filamentos periaxiales dispuestos radial o espiraladamente, en otros casos con filamentos periaxiales opuestos, el desarrollo gonimoblástico a partir del carpogonio fecundado o de la célula hipogina y el desarrollo terminal de los carposporangios.Los gametofitos y algunos tetrasporofitos tienen el talo erguido, ramificado radialmente o en conjunto en un plano con las ramas teretes o comprimidas. Ciclo de vida trifásico heteromórfico o isomórfico con gametofitos grandes, monoicos o dioicos y tetrasporofito pequeño, filamentoso y postrado con tetrasporangios cruciados. Así en el ciclo vital heteromórfico de *Asparragopsis armata* que representan al gametofito dioico, el tetrasporofito filamentos y pequeños fue reconocido erróneamente como una especie distinta: *Falkenbergia ruflanosa* de las Rhodomelaceae.

ales fue segre-
and (1989), en
s de la célula
eros incluidos
e organización
más pequeñas
grandes. Las

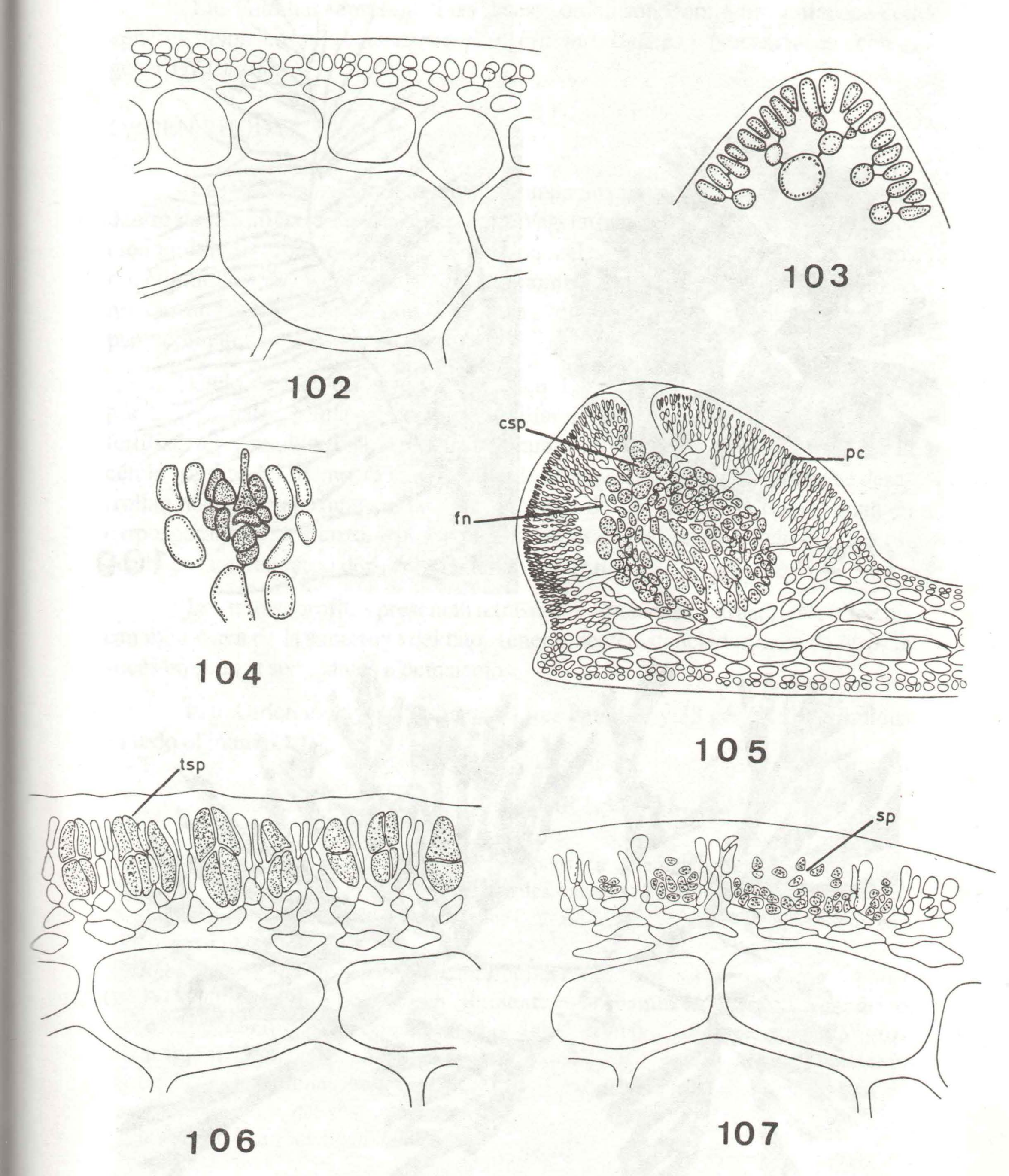
isomórficos.
élula auxiliar;
ue desarrollan
establecen co-
del cistocarpo;
n un pericarpo
de la corteza o
n tetrasporas

ísticas indica-
racilariopsis,

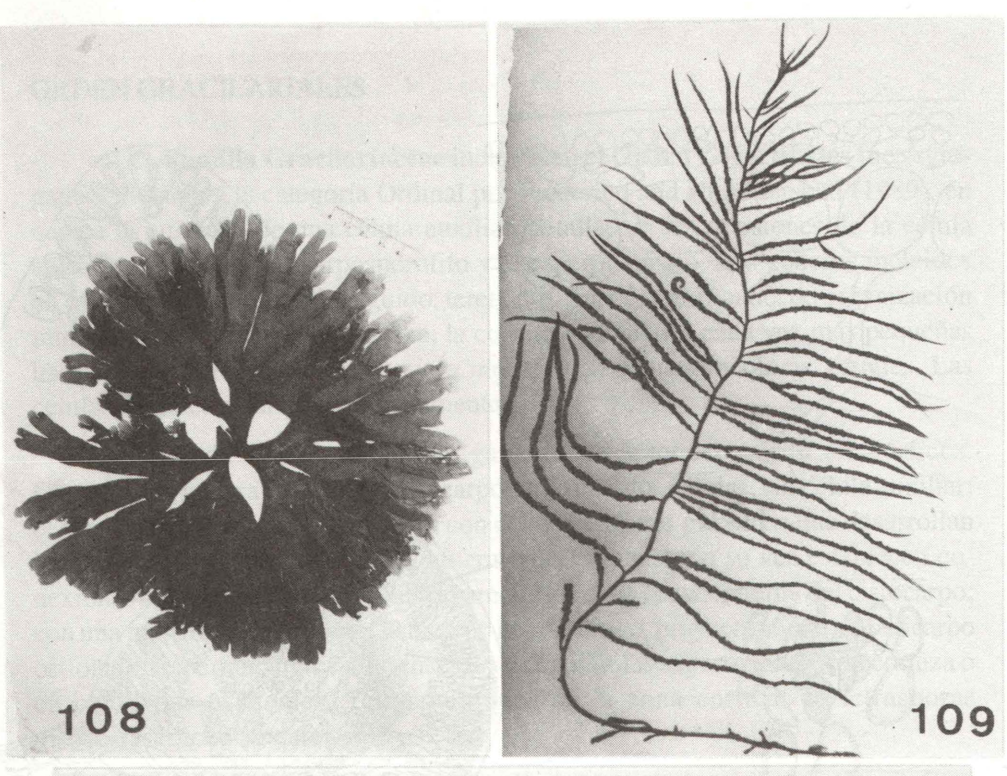
ria.

de *Gracilaria.*

et Feldmann
romórfica, su
os periaxiales
axiales opues-
o de la célula
ofitos y algu-
n conjunto en
heteromórfico
rofito peque-
el ciclo vital
fito dioico, el
mo una espe-



Figs.102, 106, 107 *Gracilaria* peruana. **Fig.102** Sección transversal del talo. **Fig.106** Sección transversal del tetrasporofito con tetrasporangios tsp. **Fig.107** Sección transversal del gametofitos con espermatangios sp. **Figs.103, 104** *Gracilaria sjostedtii,* detalle de la parte distal del talo y rama carpogonial respectivamente. **Fig.105** Sección transversal del cistocarpo: pc, pericarpo; fn, filamentos nutritivos y csp, carposporas.



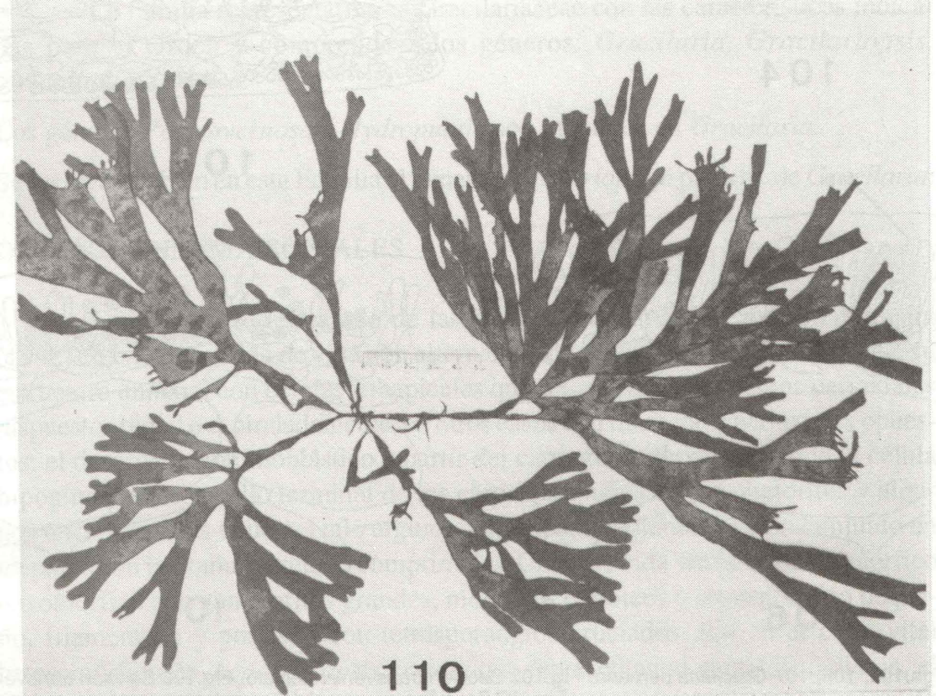


Fig.108 *Sebdenia polydactyla* planta cistocárpica. **Fig.109** *Agardhiella tenera* ejemplares cistocárpicos. **Fig.110** *Gracilaria peruana* planta tetraspórica.

géneros
género *l*

ORDEN

dentro d
ción mu
do, cilín
hueca, r
parenqui

por tres
fertilizac
célula so
rrollan h
carpospo
deado po

can muy
veces en

en todo e

1. Talo
borde
tetras
Géner
Rhod
1'. Talo
o al
tetra
(inclu
Géner
Cham

Las Familias representativas de este orden son **Bonnemaisoniaceae** con géneros *Bonnemaisonia, Asparragopsis, Ptilonia, Delisea* y **Naccariaceae** con el género *Naccaria.*

ORDEN RHODYMENIALES

Las Rhodymeniales, constituyen comparativamente un Orden muy pequeño dentro de la **Subclase Floridiophycidae**. Vegetativamente presenta una construcción multiaxial, con un círculo de células apicales. El talo es generalmente erguido, cilíndrico o foliáceo, no filamentoso, ramificado. La zona medular es sólida o hueca, nunca compuesta por filamentos longitudinales; la zona cortical es parenquimatosa.

Ciclo de vida trifásico o isomórfico. La rama carpogonial está integrada por tres o cuatro células; la células auxiliar se constituye siempre antes de la fertilización y se ubica en el ápice de una rama corta de dos células originada de la célula soporte del filamento carpogonial; los filamentos gonimoblásticos se desarrollan hacia la superficie del talo y la mayoría de sus células se transforman en carposporangios; los cistocarpos maduros sobresalen en la superficie del talo rodeado por un pericarpo derivado del tejido cortical.

Los tetrasporofitos presentan tetrasporas cruciadas o tetraédricas, y se ubican muy cerca de la superficie del talo, generalmentedistanciados unos de otros, a veces en grupos semejantes a nematecios.

Este Orden incluye actualmente a tres Familias y 38 géneros distribuidos en todo el mundo.

CLAVE PARA DIFERENCIAR LAS FAMILIAS

1. Talo generalmente sólido, a veces hueco, pero sin filamentos longitudinales en el borde de la cavidad, ni septas transversales, cilíndrico o folioso, ramificado o no; tetrasporangios con tetrasporas cruciadas .... **Rhodymeniaceae**
   Géneros importantes:
   Rhodymenia, Fauchea, Botryocladia, Halosaccion.

1'. Talo generalmente hueco, con filamentos bordeando la cavidad, cilíndrico o algo comprimido,con delicadas septa transversales; tetrasporangios tetraédricos .... **Champiaceae**
   (incluye a la Familia **Lomentariaceae)**
   Géneros representativos:
   Champia, Gastroclonium, Lomentaria.

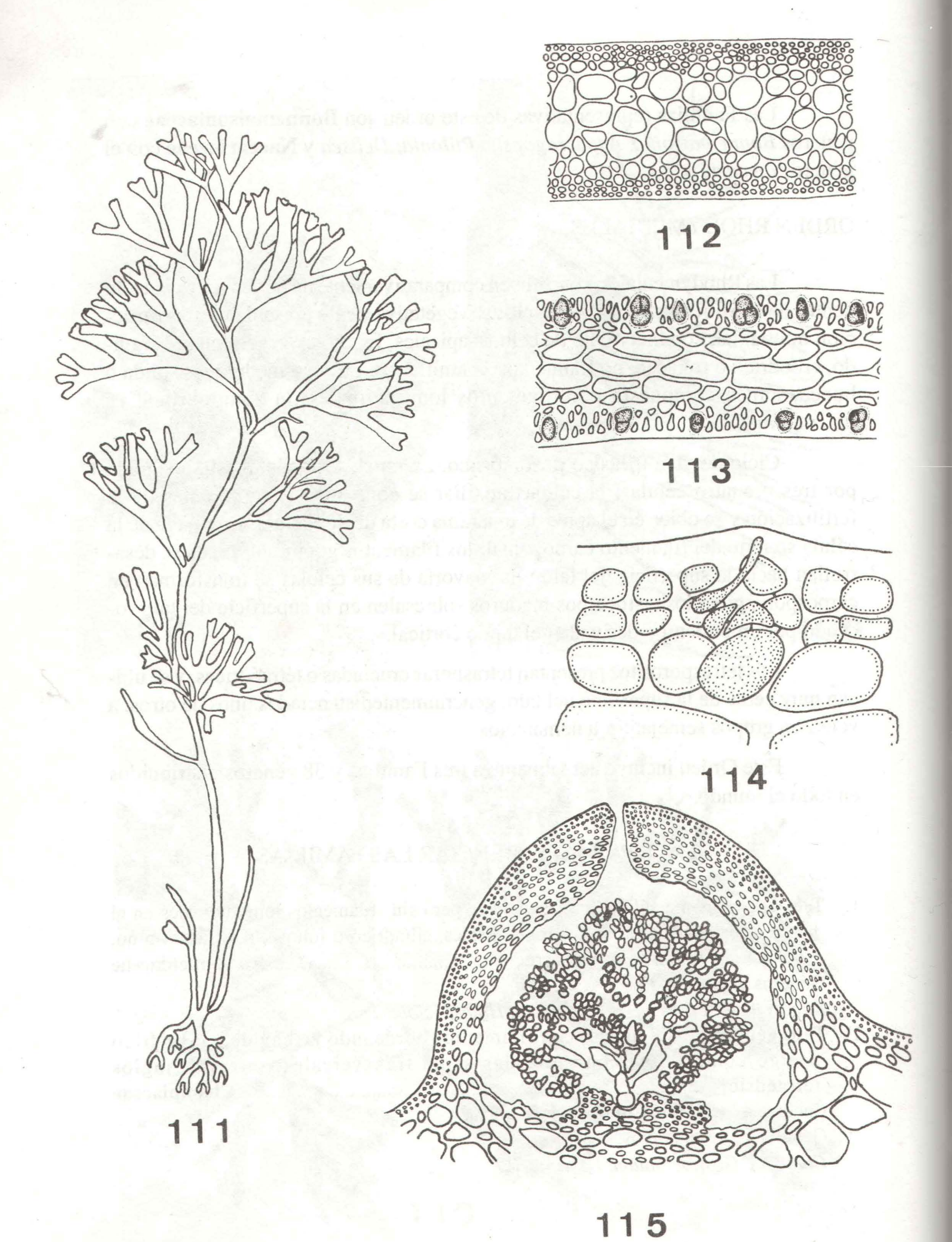


Fig.111 *Rhodymenia flabellifolia* morfología de una planta. **Figs.112, 113** *Rhodymenia skottsbergii* sección transversal del talo y de la planta tetraspórica respectivamente. **Fig.114** *Rhodymenia* sp. rama carpogonial. **Fig.115** *Rhodymenia* sp. sección sagital del cistocarpo: ostiolo, pericarpo, gonimoblastos y carposporas.

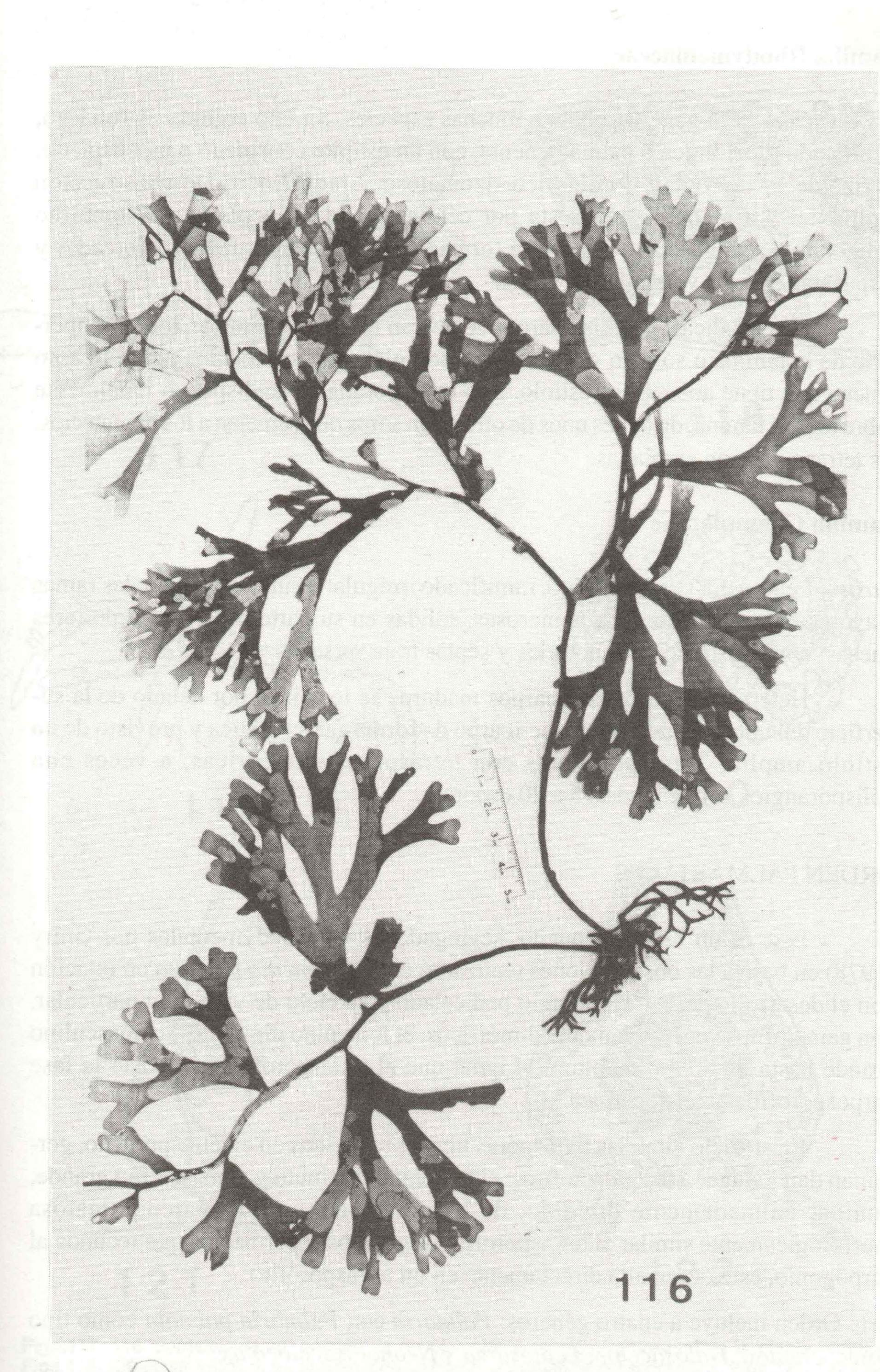


Fig.116 *Rhodymenia flabellifolia* morfología general de un ejemplar tetrasporofítico.

Familia Rhodymeniaceae

Rhodymenia. Este género contiene muchas especies. Su talo erguido es foliáceo, ramificado dicotómica o palmadamente, con un estípite conspícuo o inconspícuo; el rizoide es discoidal, o cilíndrico rizomatoso y ramificado. De construcción multiaxial. La médula compuesta por células grandes, incoloras, de contorno poligonal, o redondeado y la corteza formada por células pequeñas, coloreadas y dispuestas en filas verticales.

Heterotálicas. Los cistocarpos se ubican indistintamente en toda la superficie de la lámina o sólo en sus extremos, son globosos, protegidos por pericarpo grueso que tiene además un ostiolo. Los tetrasporangios se disponen igualmente sobre toda la lámina, distantes unos de otros o en soros que semejan a los nematecios, las tetrasporas son cruciadas.

Familia Champiaceae

Gastroclonium. Su talo cilíndrico, ramificado irregular o subdicotómico: las ramas mayores con ramitas cortas, numerosas, sólidas en su parte basal, las superiores huecas, con construcciones notorias y septas transversales.

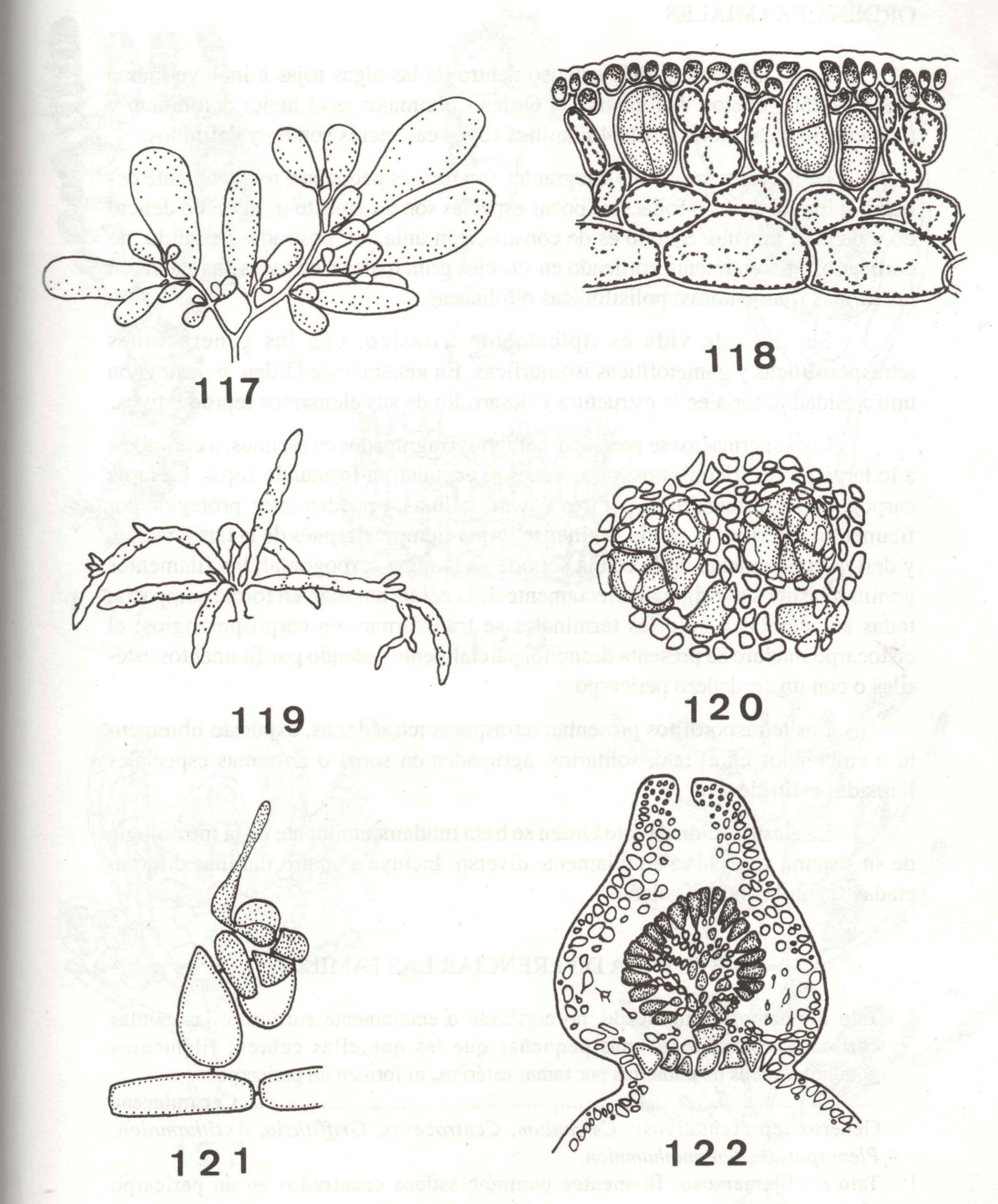
Heterotálicas. Los cistocarpos maduros se localizan por debajo de la superficie del talo, rodeado por un pericarpo de forma característica y provisto de un ostiolo amplio. Tetrasporangios con tetrasporas tetraédricas, a veces con polisporangios conteniendo 15 a 20 esporas.

ORDEN PALMARIALES

Este es un Orden pequeño, segregado de las Rhodymeniales por Guiry (1978) en base a las observaciones realizadas en *Rhodymenia palmata* en relación con el desarrollo del tetrasporangio pedicelado y su ciclo de vida muy particular, con gametofitos vegetativamente dimórficos, el femenino diminuto y el masculino grande hasta de 50 cm de altura al igual que el tetrasporofito, no existe la fase carposporofítica o cistocárpica.

En su ciclo vital, las tetrasporas libres producidas en el tetrasporofito, germinan dando lugar a los gametofitos: el femenino diminuto y el masculino grande, laminar palmadamente dividido, de base atenuada, pseudoparenquimatosa morfológicamente similar al tetrasporofito origina los espermacios que fecunda al carpogonio, este desarrolla directamente en un tetrasporofito.

Este Orden incluye a cuatro géneros: *Palmaria* con *Palmaria palmata* como tipo nomenclatural, *Halosaccion, Leptosarca* y *Neohalosacciocolax.*



Figs.117, 118 *Botryocladia* sp. porción de un ejemplar y sección transversal de la planta tetraspórica. **Figs.119, 120** *Gastroclonium* sp. esquema de un ejemplar y grupo de polisporangios. **Figs.121, 122** *Champia* sp. rama carpogonial y cistocarpo en sección longitudinal respectivamente.

ORDEN CERAMIALES

Este Orden, es el más extenso dentro de las algas rojas e incluye más o menos a 250 géneros. Así mismo, el Orden Ceramiales es el mejor delimitado y contiene de igual modo a sólo 4 Familias cuyos caracteres son muy definidos.

La mayor parte de sus integrantes son formas pequeñas, relativamente delicadas, filamentosas o foliáceas; pocas especies son de aspecto masivo, no delicado y de gran tamaño. Su talo es de construcción uniaxial, postrado o erguido, no corticado, o parcialmente corticado en sus ejes principales o en todas sus ramas en las formas filamentosas; polisifónicas o foliáceas.

Su ciclo de vida es típicamente trifásico, con las generaciones tetrasporofíticas y gametofíticas isomórficas. En general este Orden, muestra una uniformidad notoria en la estructura y desarrollo de sus elementos reproductivos.

Los espermacios se presentan solitarios o agrupados en racimos, o corimbos, a lo largo de los tricoblastos; otras veces se encuentran formando soros. La rama carpogonial está constituida por tres a cuatro células, y pueden estar protegido por filamentos estériles; la célula auxiliar se forma siempre después de la fertilización, y deriva directamente de la célula soporte se la rama carpogonial; los filamentos gonimoblásticos se originan directamente de la célula auxiliar, en forma compacta, todas sus células o sólo las terminales se transforman en carposporangios; el cistocarpo maduro se presenta desnudo, parcialmente rodeado por filamentos estériles o con un verdadero pericarpo.

Los tetrasporofitos presentan tetrasporas tetraédricas, expuesto libremente o embebidos en el talo, solitarios, agrupados en soros o en ramas especiales llamadas **estiquidios**.

La clasificación de este Orden se basa fundamentalmente en la morfología de su sistema vegetativo ampliamente diverso. Incluye a cuatro familias diferenciadas según la clave siguiente:

CLAVE PARA DIFERENCIAR LAS FAMILIAS

1. Talo filamentoso, ramificado, no corticado o enteramente corticado; las células corticales son siempre más pequeñas que las que ellas cubren; filamentos gonimoblásticos no cubiertos por ramas estériles, ni forman un pericarpo .... **Ceramiaceae**
   Géneros representativos: *Ceramium, Centroceras, Griffithsia, Antithamnion, Plenosporium, Spermothamnion.*

1'. Talo no filamentoso; filamentos gonimoblásticos encerrados en un pericarpo globoso 2

2. Talo no polisifónico, más o menos foliáceo; frecuentemente con una nervadura central y venaciones a ambos lados de la lámina; de una o más células de espesor;

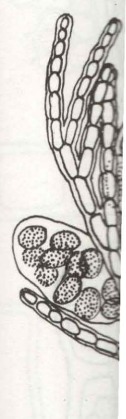


Fig.12
de un
cistoca
Antitha

e incluye más o
ejor delimitado y
nuy definidos.

relativamente de-
masivo, no delica-
ado o erguido, no
odas sus ramas en

as generaciones
rden, muestra una
tos reproductivos.

cimos, o corimbos,
do soros. La rama
star protegido por
de la fertilización,
ial; los filamentos
n forma compacta,
rposporangios; el
or filamentos esté-

xpuesto libremen-
ramas especiales

e en la morfología
familias diferen-

AS

rticado; las células
ubren; filamentos
ericarpo ....
.... **Ceramiaceae**
sia, Antithamnion,

s en un pericarpo
.... 2
e con una nervadura
s células de espesor;

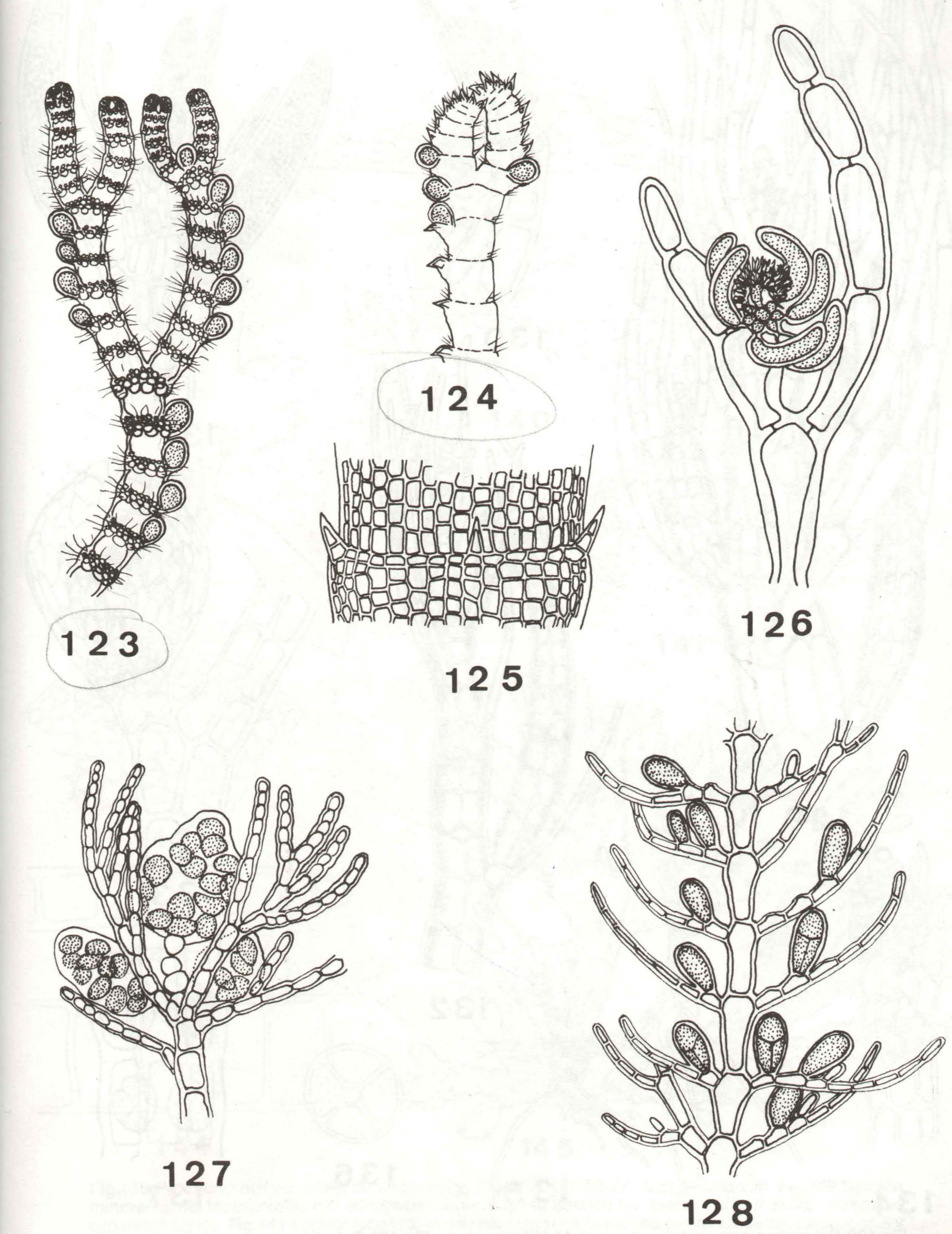


Fig.123 *Ceramium rubrum* porción de un talo tetraspórico. **Figs.124, 125** *Centroceras clavulatum* extremo de un filamento y detalle del cudo y corticación. **Fig.126** *Griffithsia pacifica* extremo de una planta con cistocarpo. **Fig.127** *Antithamnion* sp. extremo de una planta cistocárpica con cistocarpos. **Fig.128** *Antithamnion* sp.porción del tetrasporofito con tetrasporangios cruciados.

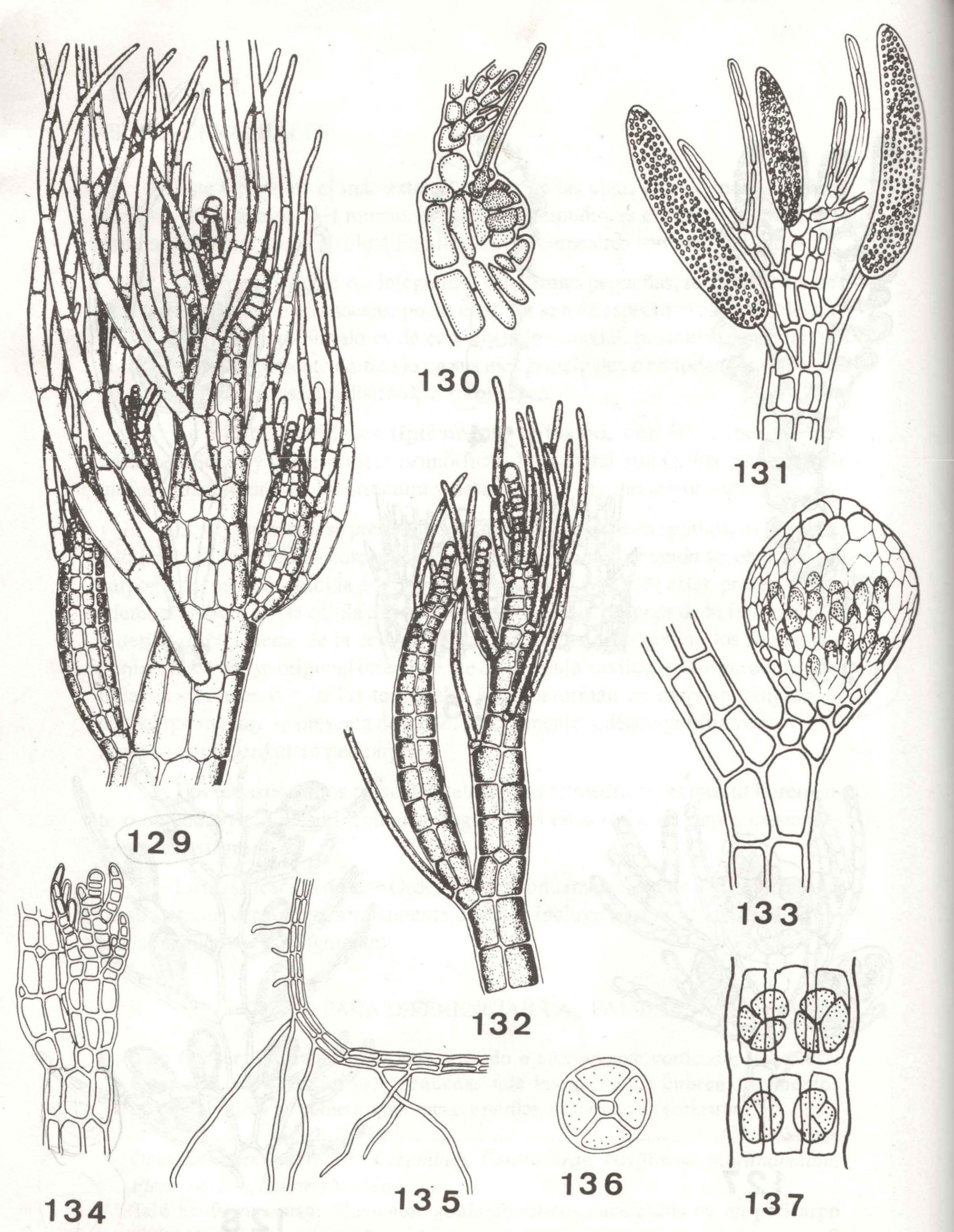
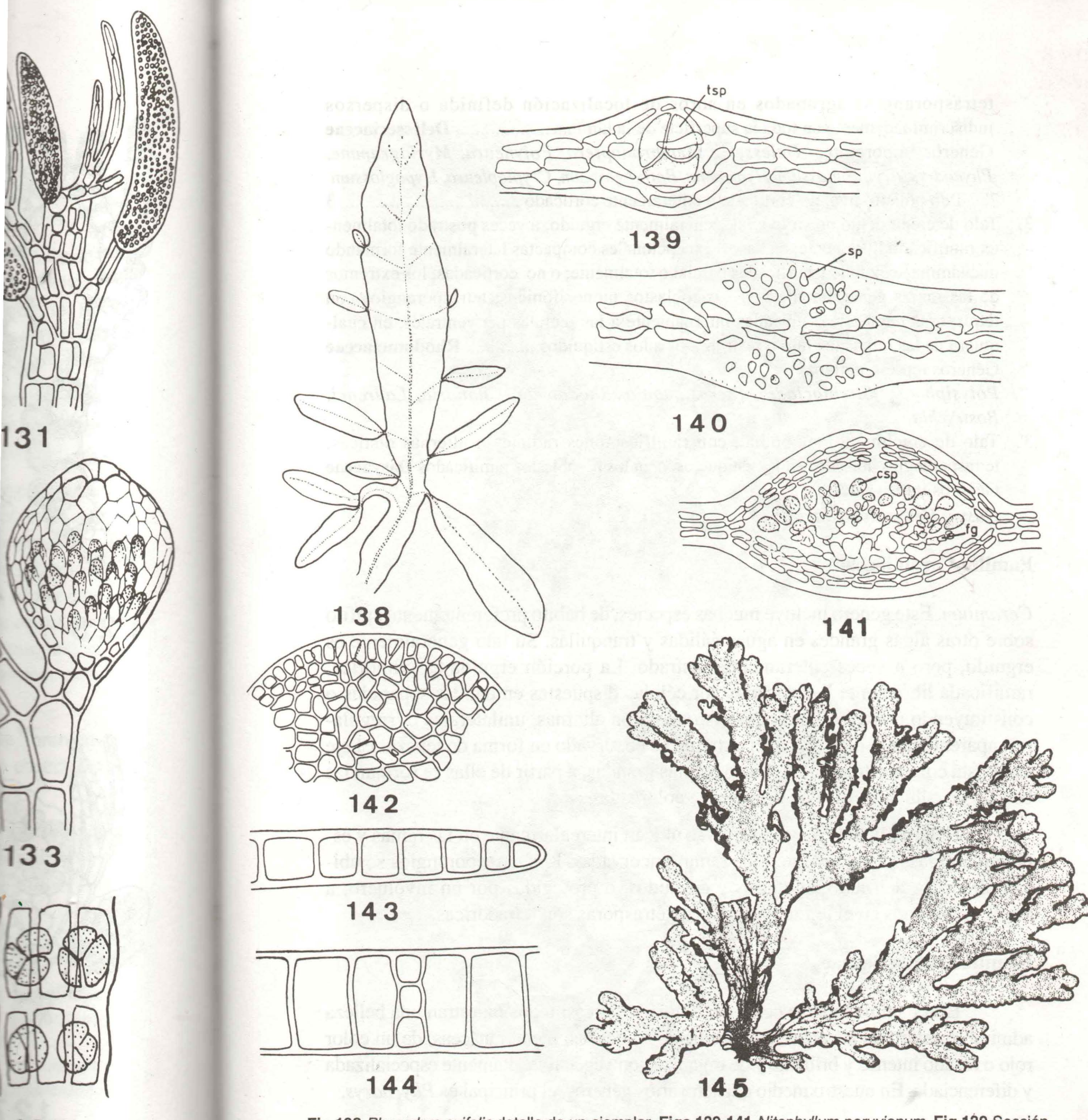


Fig.129 *Polysiphonia paniculata* extremo del talo filamentoso. Fig.130 *Polysiphonia* sp. rama carpogonial. Fig.131 *Polysiphonia* sp. extremo del gametofito masculino. Fig.132 *Polysiphonia flaccidissima* extremo del talo filamentoso. Figs.133-136 *Polysiphonia sphaerocarpa*. Fig.133 Cistocarpo maduro. Fig.134 Extremo del talo. Fig.135 Filamento con rizoides. Fig.136 Sección transversal del eje: la célula axial con cuatro pericentrales. Fig.137 *Polysiphonia* sp. porción del tetrasporofito con tetrasporangios.



ma carpogonial. ...dissima extremo ...uro. Fig.134 Ex- ... célula axial con ...gios.

Fig.138 *Phycodrys ovifolia* detalle de un ejemplar. **Figs.139-141** *Nitophyllum peruvianum*. **Fig.139** Sección transversal del tetrasporofito con un tetrasporangio. **Fig.140** Sección transversal del gametofito masculino con espermacios. **Fig.141** Sección longitudinal del cistocarpo con filamentos gonimoblásticos, carposporas y pericarpo. **Figs.142-144** *Acrosorium uncinatum* vista superficial del talo y secciones transversales del talo monoestromático, excepto la médula. **Fig.145** *Cryptopleura cryptoneuron* planta tetraspórica.

tetrasporangios agrupados en soros de localización definida o dispersos indiscriminadamente en toda la superficie de la lámina. .... **Delesseriaceae**
Géneros importantes: *Delesseria Membranoptera, Polyneura, Myriogramme, Phycodrys, Erythroglossum, Hymenena, Botryoglossum, Cryptopleura, Hypoglossum.*
2'. Talo polisifónico, no corticado o enteramente corticado 3

3. Talo de crecimiento no simpodial, generalmente erguido, a veces postrado totalmente, ramificado libremente; en casos excepcionales compactas lateralmente formando una lámina expandida, corticadas parcial o totalmente; o no corticadas; los extremos de las ramas generalmente con tricoblastos monosifónicos; tetrasporangios con tetrasporas tetraédricas ubicadas internamente a las células pericentrales, en cualquiera de las ramas del talo o restringidos a los estiquidos .... **Rhodomelaceae**
Géneros representativos:
Polysiphonia, Streblocladia, Pterosiphonia, Rhodomela, Chondria, Laurenci, Bostrychia.

3'. Talo de crecimiento simpodial, con ramificaciones radiales o alternas dísticas; tetrasporangios ubicados en los estiquidos, o en los tricoblastos ramificados **Dasyaceae**
Géneros importantes:
Dasya, Heterosiphonia.

Familia Ceramiaceae

Ceramium. Este género incluye muchas especies, de hábito preferentemente epífito sobre otras algas grandes en aguas cálidas y tranquilas. Su talo generalmente es erguido, pero a veces enteramente postrado. La porción erguida es cilíndrica, ramificada libremente y corticadas por células dispuestas en bandas separadas o constituyendo una capa contínua; sus ramas son alternas, unilaterales o irregulares, aparentemente dicótomas; el extremo es encorvado en forma de tenaza. El eje axial está compuesto por una fila de células grandes, a partir de ellas se forman las bandas de células corticales pequeñas y coloreadas.

Heterotálica. Los cistocarpos se ubican intercalarmente en las ramas y están protegidas por un involucro de ramas encorvadas. Los tetrasporangios se ubican alrededor del nudo; solitarios y desnudos, o protegidos por un involucro; a veces embebidos en el tejido cortical; las tetrasporas son tetraédricas.

Familia Delesseriaceae

Esta Familia incluye cerca de 70 géneros y casi todos muestran una belleza admirable dentro de las algas; son asimismo, delicadas, membranáceas, de un color rojo o rosado intenso y brillante y de organización vegetativa altamente especializada y diferenciada. En nuestro medio existen varios géneros, el principal es *Phycodrys.*

Esta alga muestra la parte erguida constituida por una o más láminas, de contorno elíptico, con una nervadura percurrente muy visible y venación opuesta; su margen es entero o dentado, con ramificaciones pinnadas u opuestas.

ida o dispersos
... **Delesseriaceae**
, *Myriogramme,*
ura, Hypoglossum.
.... 3
ostrado totalmen-
almente formando
adas; los extremos
trasporangios con
centrales, en cual-
.. **Rhodomelaceae**

ndria, Laurenci,

alternas dísticas;
ficados **Dasyaceae**

entemente epífito
generalmente es
ida es cilíndrica,
ndas separadas o
erales o irregula-
de tenaza. El eje
llas se forman las

en las ramas y es-
porangios se ubi-
r un involucro; a
ricas.

estran una belleza
ceas, de un color
ente especializada
al es *Phycodrys.*

más láminas, de
enación opuesta;
puestas.

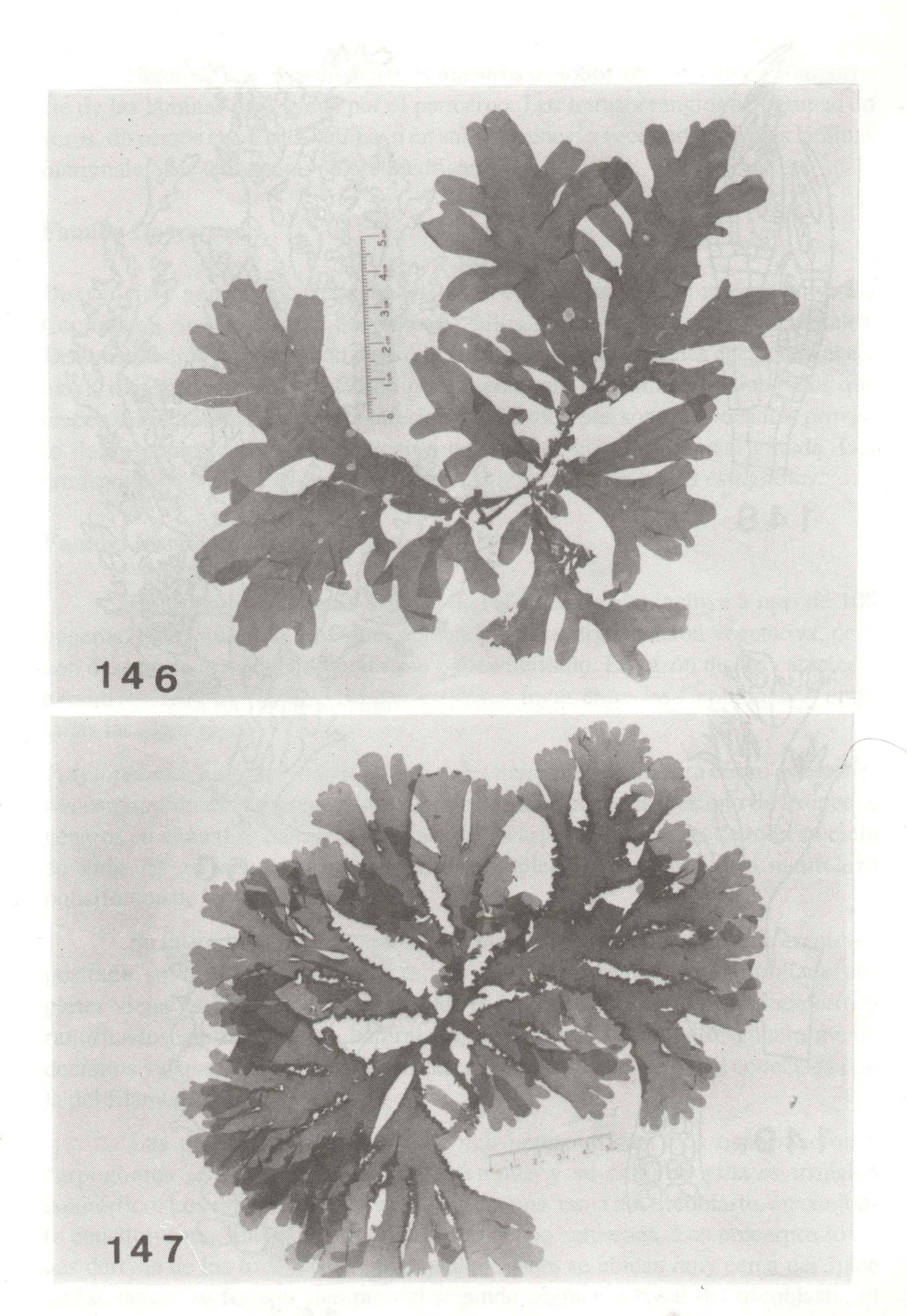
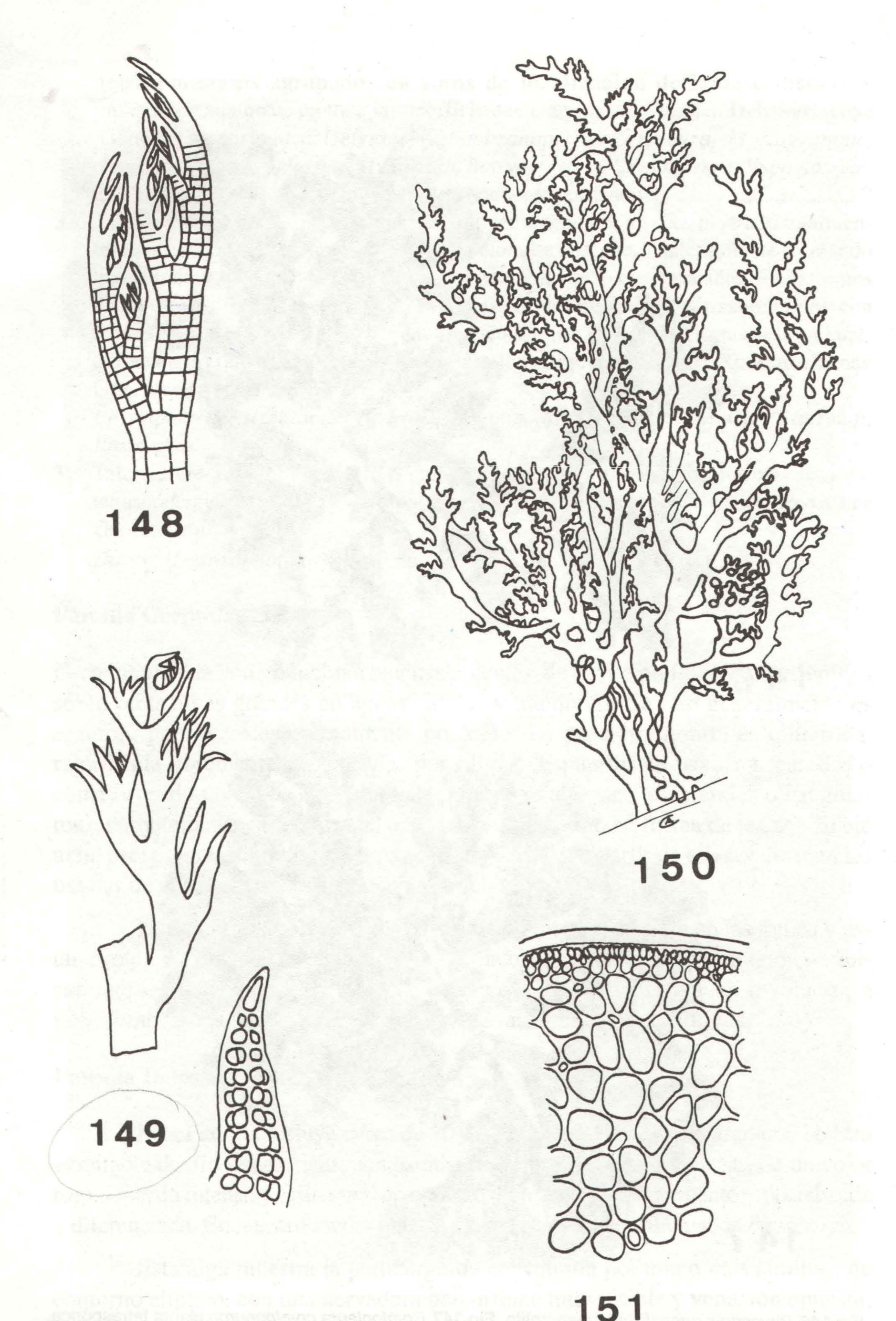


Fig.146 *Phycodrys quercifolia* tetrasporofito. **Fig.147** *Cryptopleura cryptoneuron* planta tetraspórica.



Figs.148,149 *Streblocladia* sp. extremos del talo y detalle de organización. **Figs.150,151** *Laurencia paitensis* morfología de un ejemplar y sección transversal del talo.

Heterotálicas. Los cistocarpos maduros o globosos se ubican en la superficie de las láminas protegidos por el pericarpo. Los tetrasporangios se agrupan en soros, dispersos en toda la lámina, o en sus márgenes; a veces en pequeñas láminas marginales; las tetrasporas son tetraédricas.

Familia Dasyaceae

Dasya. Este género muestra una estructura relativamente compleja entre las Ceramiales. Su talo es erguido, delicado, cilíndrico, con ramificaciones radiales. De construcción uniaxial; con cuatro o cinco células pericentrales cubriendo al eje axial; más tarde se hace corticado por un conjunto de filamentos rizoidales que crecen orientados hacia la parte inferior. Los cistocarpos son redondeados, provisto de un pedicelo corto, un pericarpo delicado y un ostiolo apical grande. Los tetrasporangios con tetrasporas tetraédricas y localizados en los estiquidios.

Familia Rhodomelaceae

Esta familia es la más extensa de las algas rojas e incluye a mas de 100 géneros; todas muestran una gran diversidad en su organización vegetativa, pero con desarrollo reproductivo uniforme y bien definido. En razón de sus caracteres evolutivos muy avanzados, ocupan el último lugar entre las Ceramiales y entre todas las algas rojas.

Polysophonia. Entre las muchas Ceramiales existentes en nuestra costa, este género cosmopolita es el representante clásico de las algas rojas y es uno de los pocos géneros en el cual se ha reconocido mejor los aspectos nucleares de todo su ciclo de vida. Es así mismo, el material más empleado para ilustrar la naturaleza polisifónica de las Rhodomelaceae.

Su talo cilíndrico se ramifica libremente, se presenta totalmente erguido o postrado; sus ramas son polisifónicas, cortas o largas, decrecimiento ilimitado; sus partes viejas están corticadas; llevan los tricoblastos monosifónicos, incoloros y ramificados, de disposición espiralada, uno en cada segmento, generalmente decíduos y dejan como huella de su presencia una gran célula basal conectada con la del filamento axial.

Las plantas de *Polysiphonia* son heterotálicas. Los espermacios y carpogonios se originan en plantas diferentes y su ciclo de vida es trifásico isomórfico. Los espermatangios se ubican en una rama del tricoblasto, en conjunto constituye una masa subcilíndrica u ovoide, no coloreada. Los procarpos jóvenes derivan de los tricoblastos igualmente jóvenes se ubican muy cerca del ápice de las ramas, se forman siempre del segundo segmento basal del tricoblasto, el cual se torna polisifónico al formarse las células pericentrales; una de ellas da lugar a la rama carpogonial que presenta tres o cuatro células, la célula apical de

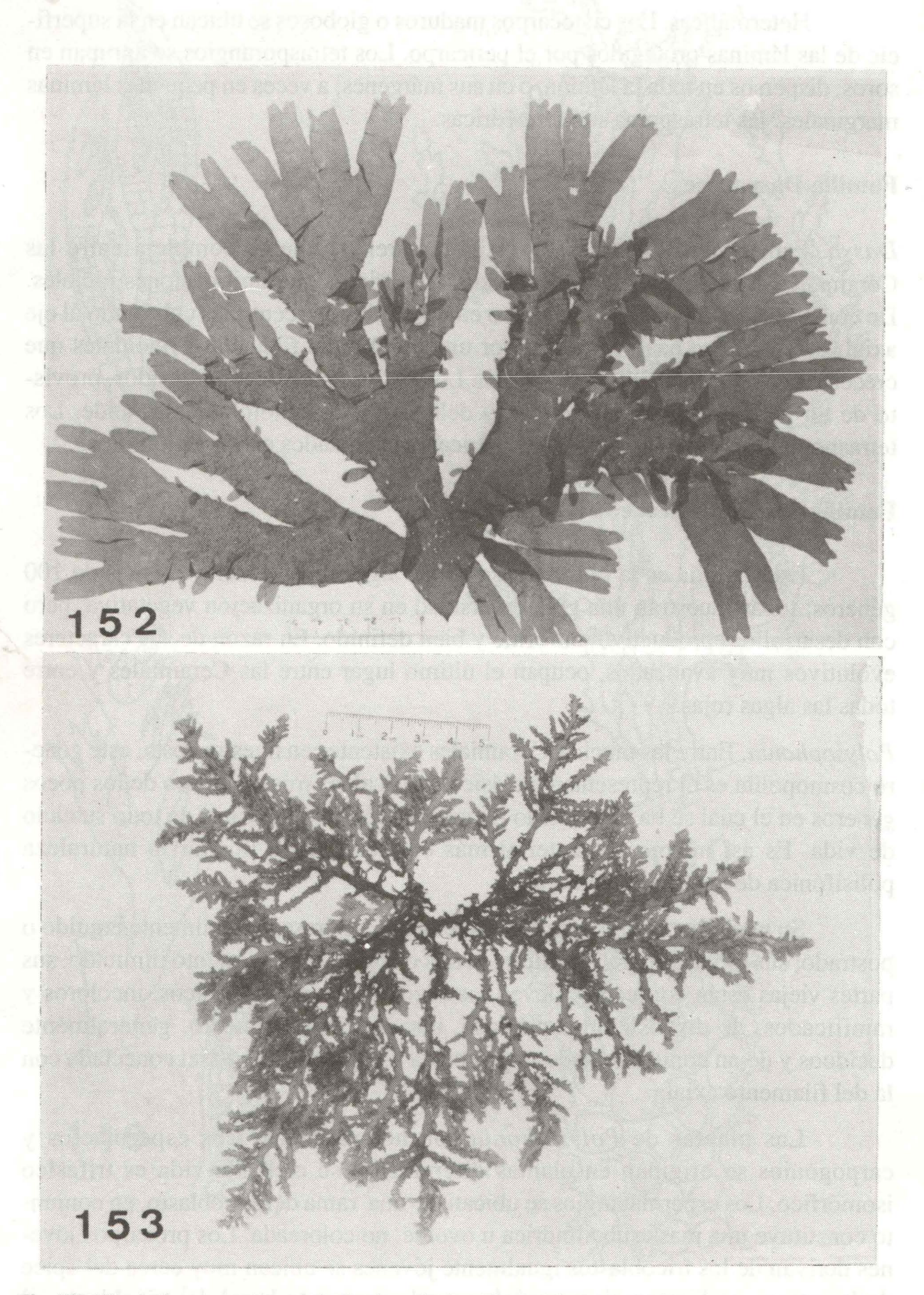


Fig.152 *Nitophyllum peruvianum* planta cistocárpica. **Fig.153** *Laurencia paitensis* planta cistocárpica.

esta rama es el carpogonio; mientras tanto, la célula soporte formada de una célula basal estéril da origen a dos células laterales también estériles.

Los detalles de las fases de postfertilización son muy complicados; comprende la fusión celular, la degeneración de la rama carpogonial y la migración del núcleo del zigote hacia la célula auxiliar originada de la célula soporte después de la fertilización. El núcleo del zigote en la célula auxiliar se divide en varios núcleos diploides en una gran célula placental formada por la fusión de la célula soporte, los filamentos estériles originados a partir de ella y la célula auxiliar. De la célula placental se originan los filamentos gonimoblásticos cortos, cuyas células terminales dan lugar a los carposporangios; las carposporas maduras son diploides y están contenidas en un cistocarpo globoso, en forma de urna; en condiciones favorables germinan una planta tetrasporofítica vegetativamente idéntica a los gametofitos, pero al madurar produce tetrasporangios en varios segmentos de sus ramas terminales; las tetrasporas tetraédricas con haploides y libres dan origen a los gametofitos, continuando así el ciclo de vida.

15

ECOLOGÍA DE LAS ALGAS

En los capítulos precedentes se han señalado que las algas -grupos heterogéneo de plantas- están presentes virtualmente en todos los hábitats. Están presentes en las regiones polares, en los desiertos cálidos, en las altas montañas o en las profundidades fóticas de los océanos y los lagos. Viven sobre diversos substratos inorgánicos o en relación con una variedad de organismos vegetales o animales. En todos los casos, las algas están influenciadas por los distintos factores ecológicos: físicos (substrato, temperatura, iluminación), químicos (salinidad, nutrientes, pH, oxígeno) y biológicos (plantas y animales), dando lugar a una caracterización biológica definida, en estrecha relación con el medio como suma de los factores ecológicos que la afectan. Por tal razón, no es difícil predecir que grupos de algas están presentes en un determinado ambiente cuyos factores ecológicos se conocen anticipadamente o a la inversa, se puede anticipar que factores ecológicos afectan a un ambiente determinado a través del conocimiento de los grupos de algas presentes; en este caso, las algas son consideradas como indicadores biológicos.

Sabemos que es difícil resumir en un solo capítulo todos los aspectos sobre la ecología de las algas. Algunos autores prefieren tratar la ecología de las algas de los ambientes acuáticos agrupadas según su naturaleza: las algas microscópicas y submicroscópicas que constituyen el **fitoplancton** y las algas **bentónicas**, generalmente macroscópicas, presentes en las aguas continentales así como en el ambiente marino.

Otros autores dan cuenta sobre la ecología de las aguas a través de una información florística de los hábitats y localidades estudiados, información valiosa para entender la caracterización algológica de tales ambientes.

En las páginas que siguen se señalan los rasgos ecológicos más sobresalientes de las algas continentales y de las marinas.

15.1 ECOLOGÍA DE LAS ALGAS CONTINENTALES

En el ambientes continental existen una variedad de comunidades de algas según la naturaleza de su medio. Los factores ecológicos más importantes que determinan la instalación y desarrollo de las algas son: la temperatura, la humedad y la iluminación. Entre las comunidades más notorias están las del medio subaéreo, de los suelos húmedos y de los diferentes cuerpos de agua.

15.1.1 COMUNIDADES SUBAEREAS. Las algas que desarrollan en estos ambientes son epilíticas y epifíticas sobre la corteza y ramas de los árboles y arbustos, humedecidos por el agua atmosférica. Estas algas desarrollan con mayor notoriedad en las regiones templadas y mejor aún en las regiones tropicales y subtropicales muy húmedas y lluviosas.

Entre las algas de estos ambientes destacan algunas Xanthophyceae microscópicas como *Heterochloris y Desmococcus* que forman una capa pulverulenta sobre la corteza de árboles y arbustos. También es notorio en los mismos substratos copos verde-amarillentos de *Trentepohlia*. Entre las Cyanophyceae de hábito subaéreo destaca *Scytonema hoffmannii* que forma una maraña de filamentos plomizos en suelos húmedos y protegidos.

15.1.2 COMUNIDAD TERRESTRE. La superficie terrestre en condiciones de humedad apropiada, es un hábitat que favorece el desarrollo de diferentes especies de algas: Cyanophyceae como *Nostoc, Microcoleus, Cylindrospermum*; Chlorophyceae como *Chlorococcum, Hormidium* y otros; Diatomeas como *Navicula, Rhopalodia, Fragilaria*, y Xanthophyceae como *Botrydium y Vaucheria*. En los suelos húmedos, algunas especies de estas algas viven normalmente a cierta profundidad, como formas vegetativas o como estructuras de reproducción.

15.1.3 COMUNIDAD ACUÁTICA. En el ambiente continental existe una diversidad de la flora acuática: flotantes, epífitas, litorales y bentónicas y guardan estrecha relación con la naturaleza de los distintos hábitats, caracterizados a su vez por los diferentes factores ecológicos como la luz, temperatura, factores químicos, oxígeno y otros.

La comunidad acuática continental comprende a los ambientes ***lóticos***: ríos, arroyos, arroyuelos de las llanuras y de las montañas; y los ambientes ***lénticos***: lagos, lagunas, pantanos, turberas y las aguas termales.



Suelo húmedo de los jardines del Museo de Historia Natural en los meses invernales, cubierto con un tapiz tupido de *Vaucheria hamata.*



Ambiente subaéreo húmedo en las Cascadas de Barranco con formaciones afeladas de *Scytonema alatum*.



Corteza basal de *Ficus nitida* en el Parque Central de Miraflores, coloreada de verde intenso por *Chlorococcum humicola*.



Corteza inferior de *Cedrela sp*., en el Centro Comercial San Isidro, con una capa verde lútea de *Stichococcus bacillaris*.



Bioderma de cianofíceas filamentosas sobre la pared marginal de una caja de control de agua potable en Surco.



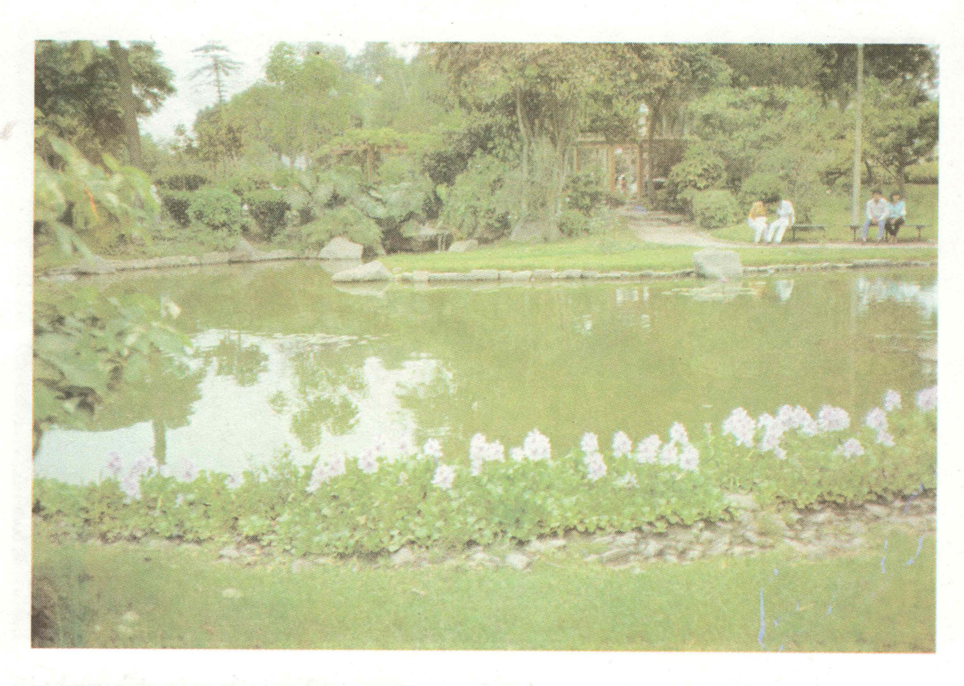
Algas cianofíceas unicelulares y coloniales en el piso de un grifo de agua potable mal cerrado en San Borja.



Laguna de Villa, borde de una laguna de agua circulante con diversas algas cianofíceas y clorofíceas.



Laguna de Villa, canal con agua corriente con *Typha angustifolia* en el borde y algas filamentosas como *Cladophora glomerata* y *Rhizoclonium hieroglyhicum*.



Parque Japonés, borde de la laguna con una flora algológica bentónica: diatomeas, *Golenkinia paucispina, Coelastrum microsporum, Scenedesmus spp.* y otras.



Parque Japonés, borde lodoso y contaminado de la laguna artificial con proliferación de *Euglena elongata, Closterium pseudolunula.*

La flora algal de los ambientes lóticos se caracterizan principalmente por ser litófitas, generalmente filamentosas como *Cladophora, Draparnaldia, Stigeoclonium, Batrachospermum y Lemanea*, estas algas están fijas al substrato rocoso por medio de una célula basal. Diversas Cyanophyceae y Diatomeas desarrollan con mayor abundancia en las zonas ribereñas, con fondo de arena fina y de corriente lenta.

En los ambientes lénticos como los lagos y lagunas, la vegetación algal se manifiesta a través del fitoplancton integrado principalmente por Chlorophyceae unicelulares y coloniales microscópicas, así como por Euglenophyceae y Chrysophyceae diversos y por masas flotantes de algas filamentosas como *Oscillatoria, Lyngbya, Spirogyra, Zygnema, Oedogonium, Enteromorpha, Cladophora y Tribonema* entre las más frecuentes.

Otras algas como *Lyngbya, Schizothrix, Compsopogon, Schizomeris* y diversas diatomeas pennales viven epífitas sobre diferentes fanerógamas acuáticas y otras algas macroscópicas.

Las algas litorales que son también diversas viven fijas en el substrato rocoso por medio del rizoide unicelular como *Cladophora, Stigeoclonium* o forman costras de aspecto característico sobre el sedimento lodoso de las orillas como es el caso de *Microcoleus*.

Las algas bentónicas son también diversas y habitan los fondos de arena y lodo como muchas diatomeas o forman matas macroscópicas como *Chara* enraizadas en el fondo arenoso-lodoso.

En estos cuerpos de agua se observa una marcada distribución vertical de las algas y una variación cualitativa y cuantitativa a través del tiempo.

La flora algal de los pantanos y las turberas está compuesta principalmente por Desmidiaceae, Mesotaeniaceae y Zygnemataceae y por diversas diatomeas pennales. Estas algas viven en aguas ácidas, generalmente asociadas con matas de *Sphagnum* comúnmente llamados «musgos de los pantanos» o «musgos de las turberas».

Las algas de las aguas termales muestran una extraordinaria adaptación al factor temperatura que es el más importante. Muchas son las algas termófilas reconocidas hasta la fecha, siendo las más abundantes las Cyanophyceae con más de 250 spp., con géneros representativos como *Colteronema y Mastigocladus*; luego las Diatomeas con más de 100 spp., como *Pinnularia braunii* var. *amphicephala*; las Chlorophyceae con aproximadamente 60 spp. y en menor cantidad las Xanthophyceae, Chrysophyceae, Phaeophyceae y Rhodophyceae.

15.2 ECOLOGÍA DE LAS ALGAS MARINAS

En el ambiente marino, las algas son de dos tipos: **plantónicas**, las que están en suspensión y constituyen el **fitoplancton** y las **bentónicas** que están fijas

al substrato inerte o sobre otros organismos. Trataremos sobre la ecología de cada grupo por separado.

15.2.1 ECOLOGÍA DE LAS ALGAS PLANTONICAS. Los componentes unicelulares o cenobiales del fitoplancton son organismos microscópicos o submicroscópicos que constituyen el primer eslabón de la cadena de los alimentos que se dan en el mar. Estos organismos son los responsables de la transformación de las sustancias inorgánicas en materia orgánica, gracias al proceso de la fotosíntesis. Esta materia orgánica evaluada en el tiempo y en una unidad de volumen de una área oceánica determinada constituye la **producción primaria** del área estudiada. Evaluaciones similares llevadas a cabo en otras áreas del mar, en épocas diferentes del año nos proporcionan otros resultados que confrontados entre sí, nos permite conocer acerca de las características cualitativas y cuantitativas del fitoplancton en relación con los factores ecológicos presentes en el medio, factores que juegan un rol determinante sobre las funciones fisiológicas de estos organismos.

Entre los factores ecológicos más importantes están los siguientes: temperatura, iluminación y salinidad.

TEMPERATURA. Este factor manifiesta a través de la presencia de especies **euritérmicas y estenotérmicas**, es decir, de especies que soportan una amplia variación de la temperatura, o de especies que tienen límites muy próximos respectivamente.

La temperatura determina también la distribución geográfica de las especies; así algunas están confinadas a una área geográfica compatible con sus exigencias térmicas. De allí que la composición cualitativa del fitoplancton sea variable en el mismo océano del Ecuador hacia los polos, encontrándose en estas áreas geográficas especies euritérmicas llamadas **cosmopolitas**.

La temperatura es también un factor importante que determina una variación cualitativa notoria de ciertas especies, de acuerdo a las estaciones del año. Es decir, son abundantes en determinados meses del año y decrecen en otros. Del mismo modo, la temperatura de las capas de agua determina la localización vertical del fitoplancton. Se sabe que en ciertas épocas del año, la temperatura disminuye progresivamente de la superficie hacia el fondo y que al establecerse la **termoclina** separa la masa de agua en una capa superficial o **epilimnion** y una capa profunda o **hipolimnion** capas que actúan como barrera en la distribución vertical del fitoplancton.

ILUMINACIÓN. Es otro factor ecológico importante, pues interviene en la fotosíntesis. Para que este fenómeno ocurra existen valores mínimo, óptimo y máximo de iluminación, que varían de acuerdo con las especies. Este factor junto con otros juega un rol importante en la distribución geográfica del fitoplancton y

del mismo modo en la distribución vertical, pues las ondas de luz alcanzan diferentes niveles de penetración.

La absorción lumínica varía notablemente de acuerdo a las especies y a la transparencia del agua, reconociéndose que existen migraciones verticales frente a este factor. La mayoría de los miembros del fitoplancton desarrollan en la zona **eufótica** que se extiende de la superficie hasta 50 a 80 m de profundidad; más allá está la zona **afótica** hasta los 500 m de profundidad. Las especies fotófilas del fitoplancton desarrollan en su máxima expresión hasta los 20 m de profundidad.

SALINIDAD. Este factor expresa el tenor total de las sales disueltas en el medio, predominando entre éstas el cloruro de sodio como factor químico de primera importancia. Según la concentración de cloruro existen aguas ***oligohalinas, estenohalinas*** y ***eurihalinas*** y especies fitoplanctónicas correspondientes respectivamente.

Vinculado al factor salinidad están los diversos nutrientes presentesen el medio: macroelementos como N,P,S, Ca,Mg,Si, etc. y oligoelementos como Cu,Zn,Mn,Fe y otros, que en conjunto determinan una composición constante del agua marina. En menor proporción están presentes diferentes productos orgánicos: ácidos orgánicos, glúcidos, sustancias inhibitorias, antibacteriales y tóxicas producidas por los diversos miembros del fitoplancton.

En conjunto, estos elementos junto con otros factores juegan un rol importante en el desarrollo y sucesión del fitoplancton en diferentes épocas del año y en las distintas áreas geográficas del medio marino.

15.2.2 ECOLOGÍA DE LAS ALGAS MARINAS BENTÓNICAS. Los diferentes factores ecológicos influyen en conjunto de manera diversa sobre las algas bentónicas. Sin embargo, uno de los factores es el más predominante en alguna época del año o en ciertas fases del ciclo de vida de las diferentes especies.

Entre los factores más sobresaliente se indica los siguientes: temperatura, iluminación, salinidad, substrato.

TEMPERATURA. Este factor determina la distribución biogeográfica de las algas bentónicas. En relación con la temperatura mínima y máxima del medio marino se reconocen algas de aguas frías del Hemisferio Sur como *Macrocystis pyrifera, Durvillaea antartica* y algas de las aguas frías del Hemisferio Norte como las especies de *Fucus* y *Laminaria* y las algas de las aguas tropicales como las especies de *Caulerpa, Halimeda, Sargassum* y otras.

La temperatura actúa como un factor de presencia o de ausencia y afecta la composición florística en las localidades donde los cambios estacionales son notorios: la flora invernal es reemplazada por especies de verano.

En general, la temperatura afecta no sólo el desarrollo morfológico de las diferentes especies, sino también su fertilidad.

ILUMINACIÓN. Este es un factor importante en la vida de las algas, pues como energía radiante interviene en el proceso de la fotosíntesis.

La intensidad y calidad de la luz varía de acuerdo con la latitud, las estaciones del año, la ocurrencia diaria de las mareas y en relación con la profundidad.

La intensidad lumínica es escasa en las regiones polares o subpolares a diferencia de los que ocurre en los trópicos. Manifiesta también cambios temporales por efecto de la nubosidad, o por efecto de las mareas, cambios que afectan igualmente la tasa fotosintética.

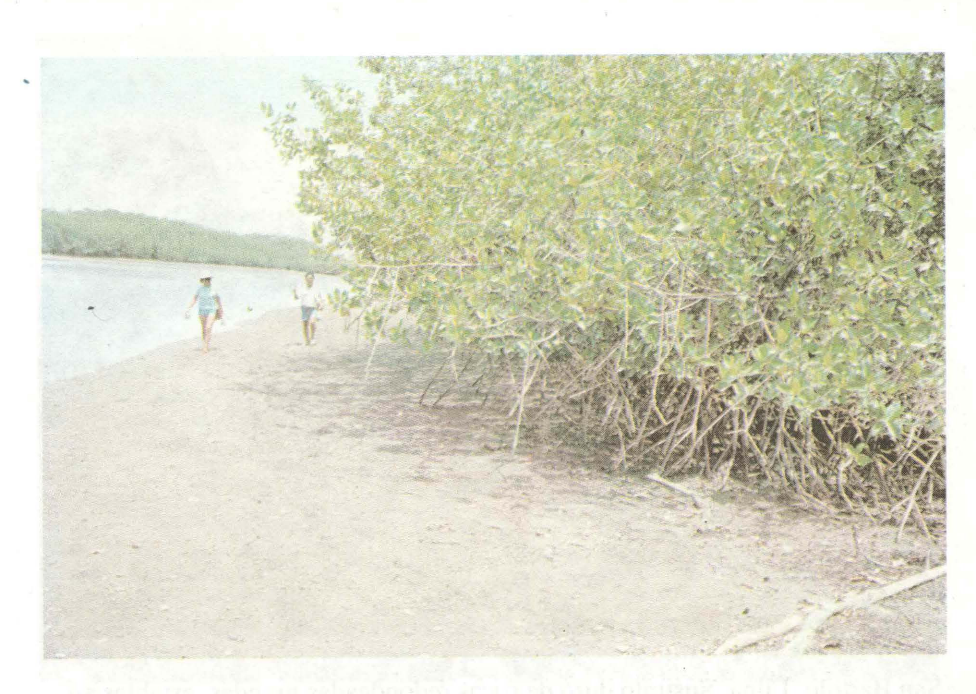
La luz solar experimenta cambios en su calidad al penetrar en los océanos, a medida que se profundiza existe una absorción selectiva de las diferentes ondas del espectro; las radiaciones de ondas largas son absorbidas primero por las algas verdes presentes en los niveles más superiores, mientras que las ondas cortas que alcanzan mayores profundidades son absorbidas por las algas rojas.

En la zona litoral donde están presentes grupos diversos de las algas verdes, pardas y rojas se da el fenómeno de la «adaptación cromática», es decir, el comportamiento particular de los pigmentos fotosintéticos y característicos presentes en cada grupo de las algas frente al factor lumínico; por esta razón muchas algas rojas, que poseen como pigmento característico y predominante la ficoeritrina, responsable de la coloración roja, o rosada, no muestran tal coloración, por el contrario son de color verde-amarillenta a marrón oscuro como *Ahnfeltia durvillaei y Prionitis decipiens* respectivamente.

La adaptación cromática puede entenderse finalmente como parte de la «adaptación plasmática».

Los cambios en la intensidad y calidad de la luz nos ayuda a comprender la distribución vertical de las algas en las zonas litoral y sublitoral. A veces, la distribución vertical de las algas no obedece al simple esquema de exposición lumínica: las algas verdes en los niveles superiores y en los niveles inferiores las algas pardas y rojas; de allí que es sorprendente los registros de especies de algas verdes viviendo en grandes profundidades como *Codium intricatum y C.tenue* que viven a 126 m de profundidad en las Costas de Japón y *Palmophyllum crassum* a 150 m de profundidad en el Mar Mediterráneo. Del mismo modo se han registrado en las costas de Japón otras especies de algas viviendo a profundidades mayores a 100 m como *Ecklonia stolonifera* a 199 m , *Sargassum ringgoldianum* a 105 m , *Callymenia reniformis* a 107 m y *Rhodymenia intricata* a 196 m .

SALINIDAD. Este factor casi estable en el ambiente marino es alterada por la descarga de las aguas dulces de los ríos. En estos ambientes mixohalinos son escasas las algas marinas y corresponden a especies de *Ulva, Enteromorpha, Fucus* y ciertas Ceramiales. Los cambios de salinidad ocurren también por pérdida de agua cuando las algas son expuestas al aire como consecuencia del régimen de las



Puerto Pizarro, Tumbes. Límite sur del "manglar" *Rhizophora mangle* en la costa del Pacífico de Sudamérica, entre estas plantas son frecuentes las algas de los géneros *Bostrychia, Acrosorium* y *Caloglossa*.



Lagunillas, Pisco. Piletas en el supralitoral de la orilla rocosa, con un tapiz de *Lyngbya spp*. y formas juveniles de *Ulva costata* en el límite externo.



San Bartolo, Lima. Sustrato duro de rocas redondeadas grandes, estables en conjunto y cubiertas con *Ulva costata y Gelidium crinale*.



Punta Hermosa, Lima. Orilla de canto rodado, permanentemente inestable y no apto como sustrato para diversas algas.



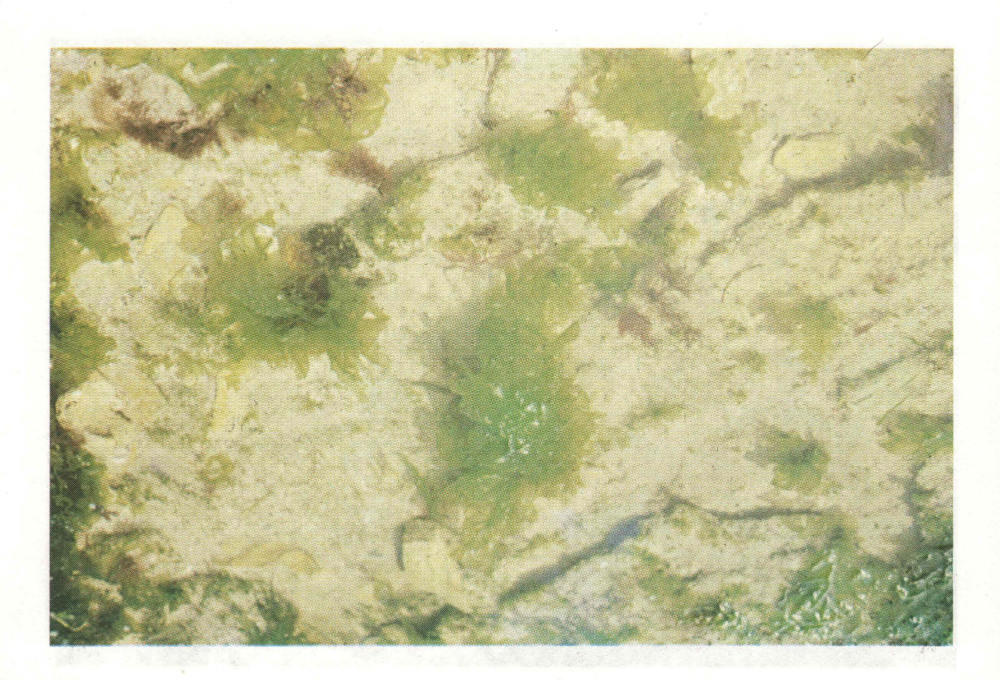
Mission Point, California, USA. Orilla rocosa muy expuesta con *Postelsia palmaeformis*, especie saxícola y resistente a la fuerza de las olas.



Mission Point, California, USA. *Fucus furcatus* y *Pelvetia fastigiata*, especies características de las orillas rocosas del Hemisferio Norte.



Yacila, Paita. Orilla rocosa con marcada distribución vertical de las algas. Muchas como *Jania, Lomentaria, Gelidium* y otras forman un césped compacto, otras como *Gymnogongrus, Anhfeltia* y *Gigartina* están más espaciadas.



Laguna Grande, Ica. Cuando el sustrato blando, en este caso de arena, se consolida, diversas especies como *Ulva costata, Centroceras clavulatum, Cladophora sp.* y otras crecen sin dificultad.



Carmel Beach, California, USA. Durante las horas de la marea baja muchas especies de algas quedan expuestas, algunas sobresalen por su gran tamaño como *Nereocystis luetkeana*.



Carmel Beach, California, USA. De las especies presentes en esta costa destaca por su tamaño e importancia económica *Macrocystis pyrifera*.

mareas o por una considerable evaporación como ocurre en las piletas de mareas de los niveles superiores.

SUBSTRATO. Las algas marinas bentónicas no dependen del substrato para su nutrición; en general desarrollan independientemente de la naturaleza química del substrato.

Según su naturaleza el substrato está representado por una roca masiva, por cantos rodados, guijarros, arena, lodo y por substratos vivos como plantas y animales diversos.

La presencia o ausencia de algas bentónicas en substratos definidos está determinada por distintas causas. Así en substratos rocosos lisos y muy expuestos a la acción mecánica de las olas, la vegetación epilítica no es frecuente por la dificultad que experimentan las estructuras reproductivas para fijarse y desarrollar en nuevas plantas, o por la dificultad de las plantas juveniles para resistir la fuerza de las olas y desarrollar normalmente. Por el contrario, la vegetación es abundante en los substratos rocosos ásperos o con fisuras.

La presencia de algas bentónicas en un substrato arenoso, sólo es posible cuando la arena se consolida y forma una superficie firme en los ambientes con aguas tranquilas y sin olas.

En los substratos vivos tanto plantas como animales, viven una variedad de algas como ***epífitas o epizoicas*** respectivamente. Las formas epífitas manifiestan diversos grados de relación con el substrato; en la mayoría de los casos se da un simple epifitismo como es el caso de *Ulva costata* sobre *Gymnogongrus furcellatus*, o constituyen formas parásitas, llamándose **aloparásitas** cuando no existe una relación filogenética del parásito con su hospedante como *Choreocolax* parásita de *Polysiphonia*; o se llaman **adelfoparásitas** cuando existe una relación filogenética entre ambos como *Gracilariophila* parásita de *Gracilaria*.

Las formas epizoicas son también diversas y no exclusivas como *Centroceras clavulatum* sobre *Tegula atra, Gigartina glomerata* (= *Chondracanthus glomeratus*) sobre *Perumytilus purpuratus*.

Las comunidades intermareales en su conjunto están afectadas por el fenómeno de las mareas, que consiste en la elevación y descenso rítmicos de los niveles del mar. La alternancia de la inmersión y emersión influyen en otros factores ecológicos como la temperatura, salinidad, iluminación, pH y otros. La capacidad de los distintos grupos de las algas para soportar estas variaciones son determinantes para su distribución vertical.

La mayoría de los estudios experimentales se han llevado a cabo en la zona intermareal. Las comunidades reconocidas en esta zona depende de la localidad, del análisis personal y de la terminología usada. La terminología más difundi-

da y aplicable es la de Stephenson & Stephenson (1949), que aplicado al litoral rocoso de nuestra costa es como sigue:

Zonas: supralitoral, litoral e infralitoral. En la zona litoral se dan las siguientes franjas y zona, caracterizadas por especies definidas de algas:

-Franja supralitoral con *Ahnfeltia durvillaei* y *Endarachne binghamiae*
-Zona mediolitoral con *Ulva costata, Gelidium congestum, Cladophora fascicularis, Chaetomorpha cartilaginea, Centroceras clavulatum, Gigartina chamissoi, Gymnogongrus furcellatus, Pterosiphonia dendroidea, Polysiphonia paniculata*
-Franja infralitoral con *Corallina officinalis* var. *chilensis, Grateloupia doryphora, Prionitis decipiens, Rhodymenia flabellifolia*

16

COMO PREPARAR EJEMPLARES DE ALGAS PARA UN HERBARIO

Las algas, constituyen un grupo muy amplio y heterogéneo dentro de las Criptógamas, requiriendo por esta razón, de una metodología especial su preparación con muestras de Herbario, que sin ser complicada, ni difícil, es de por sí diferente, a lo conocido y difundido para otros representantes de las plantas.

Dentro de las algas, creemos conveniente, delimitar 2 grupos grandes en relación con el hábitat: algas de agua dulce y algas marinas, incluyendo en estas últimas a las diatomeas, componente principal del Fitoplancton.

En cada caso, se da una lista de material necesario y los métodos seguidos ya en los trabajos de campo y posteriormente en el laboratorio. No redundamos en más detalles que los que muestran propia experiencia nos ha permitido comprobar y aprender. Aquellos que tuvieran especial interés en grupos concretos de algas, podrán ver métodos más amplios si consultan la Bibliografía que damos al finalizar estas páginas.

16.1 ALGAS DE AGUA DULCE

Las llamadas Algas de Agua Dulce, no están restringidas en todas las situaciones a este medio, sino, que se presentan en los más variados ambientes continentales: superficie de suelos húmedos, lodo, arena fina de las playas, y estua-

rios, sobre la corteza de los árboles, epifíticos, epizoicos, a bajas temperaturas como en la nieve y en las aguas termales soportando hasta 85° C. de temperatura.

COLECCIÓN

Material. El material necesario para la colección de las algas de agua dulce y continentales son los siguientes:

- Frasco de vidrio de 50 o 100 cc. de boca ancha, con tapa de rosca, de bakelita o material inoxidable. Es preferible emplear corcho.
- Bolsas de polietileno de variados tamaños.
- Espátula para el raspado; cucharón, pinzas, una navaja o cuchilla de punta fina, una varilla de madera de 2 a 3mm.
- Fichas de papel canson para anotaciones que acompañan a las muestras en la solución fijadora.
- Libreta de campo para las anotaciones en el mismo lugar de colección.
- Ácido acético glacial.
- Glicerina pura.
- Solución de Formol al 5% para la preservación en líquido.
- Solución fijadora F.A.A. (Formol, ácido acético y alcohol).
  - Formol 40%........................10 cc.
  - Ácido acético glacial.............. 5 cc.
  - Alcohol etílico 95%...............50 cc.
  - Agua destilada......................35 cc.
- Termómetro en grados centígrados.
- Kit para medir el pH.
- Lupas hasta de 20 aumentos.

Trabajo de Campo. Las algas se presentan en las aguas dulces de los ríos, lagos, lagunas, canales, etc.; planctónicos, flotando libremente o formando grandes masas de apariencia y consistencia definidas. La colección de estas muestras se efectúa directamente a mano, colocando los ejemplares representativos en frascos diferentes. Si se presentan constituyendo una película fina sobre las diferentes plantas acuáticas o ellas son epifíticas, debe tomarse parte de dichas plantas y más tarde en el laboratorio separar el exceso.

Para la obtención de una muestra del fondo de un ambiente de aguas tranquilas, no muy profundas, donde habitan numerosas especies microscópicas, debe usarse un cucharón común que introducido se saca con cuidado, a fin de lograr la mayor cantidad de material. Muchas algas acuáticas desarrollan sobre diferentes substratos sumergidos: trozos de madera, roca, valvas de moluscos, ramas y raíces viejas de plantas, etc., sobre los cuales forman una capa de color y apariencia características; en estos casos, es conveniente extraer estos substratos y efectuar un

rápido examen de las partes más notorias y usando la espátula se realiza un raspado de las partes más interesantes. Igual procedimiento se efectúa en las caídas de agua, donde las algas forman costras relativamente duras, a veces presentado en un aspecto mucilaginoso calcáreo.

Las muestras planctónicas de los lagos y lagunas, se obtienen empleando una red de plancton N° 20. Esta red es halada superficialmente desde la orilla, o desde una pequeña embarcación que se desplaza con cierta velocidad; el material planctónico se acumula en el frasco sujeto a la parte terminal de la red.

Cuando las algas se presentan en la superficie de los suelos húmedos, lodo, o en las playas de arena fina cerca a la zona de las mareas, formando generalmente una película fina, se toma la capa superficial con parte del substrato, estas porciones colocadas en los frascos son lavadas con agua, obteniéndose una concentración de algas, a veces, casi pura o una mezcla de algas y animales microscópicos.

Los especímenes acuáticos, grandes, generalmente filamentosos como *Cladophora* o subaéreos como *Trentepohlia* deben colectarse en bolsas de polietileno, así se conservan mejor por más de 24 horas.

PRESERVACIÓN

Las muestras obtenidas, se conservan en frascos de vidrio de 50 o 100 cc. de capacidad, cubierto con suficiente agua del medio cuando son acuáticas, en otros casos, con parte del substrato. Es conveniente recordar que no debe llenarse más del 3/4 de capacidad del frasco, permitiendo así la aireación. Si los lugares de colección son cercanos al laboratorio, los frascos pueden conducirse cerrados; en cambio, si la distancia es considerable es necesario taparlos con algodón para favorecer el intercambio gaseoso y disponer de una caja de madera o cartón con divisiones para cada uno de los frascos, destapándolos al llegar al laboratorio.

Trabajo de Laboratorio. Antes de proceder a la fijación del material colectado, es necesario efectuar el registro de todo lo colectado, haciendo la observación microscópica y el reconocimiento de todos los especímenes de cada muestra, su presencia se anota en orden de abundancia en el cuaderno de Colección, donde además se consignan los caracteres del hábitat, localidad, fecha y número del colector.

La Fijación del material se realiza con una solución de Formol al 5%, o con una solución F.A.A. (Formol, ácido acético y alcohol), siendo recomendable agregar 5 cc. de glicerina a cada 100 cc. de la solución fijadora para evitar la evaporación frecuente aún cuando los frascos se encuentren cerrados. Concluida la fijación los frascos se conservan convenientemente numerados, con el número de la colección general o el número particular del colector. En esta condiciones se conservan por bastante tiempo aptas para ser estudiadas en cualquier oportunidad.

Las algas conservadas en líquido, forman parte de un Herbario y en la casilla de los sobres que contiene la colección general cada género o especies está representada por una cartulina que contiene una microfotografía, la referencia bibliográfica, la descripción respectiva y el número del colector. (Pág. 352).

Algunos autores recomiendan para las colecciones de algas azul-verdes, no dejarlas en ninguna solución, sino secarlas bien al aire libre y guardarlas en el Herbario. Tal procedimiento facilita el estudio posterior en vivo, porque se ha comprobado que muchas especies reviven fácilmente aún después de 15 o más años de conservación.

Si los especímenes microscópicos son interesantes y muy escasos, resultan mejor preparar montajes permanentes en una solución de gelatina glicerinada:

Gelatina granulada................ 5 gr.
Fenol en cristales................. 5 gr.
Glicerina pura.....................35 cc.
Agua destilada.....................30 cc.

o jarabe Syrup. El espécimen elegido debe ser fijado indistintamente en las soluciones indicadas, luego lavado en agua destilada y finalmente incluido en una mezcla de gelatina glicerinada previamente licuada. Después de la semisolidificación de la gelatina que incluye el espécimen sobre el portaobjetos, se limpia el exceso con una cuchilla, cubriendo el borde de la laminilla con una capa de esmalte, esto evita el ataque posterior de hongos en los ambientes muy húmedos. Los preparados definitivos y numerados adecuadamente se disponen en una caja portaláminas. La duración de estas muestras está en relación con el cuidado y trato que se les prodiga.

16.2 ALGAS MARINAS

Las Algas Marinas, son plantas que siempre se encuentran fijas a diversos substratos del ambiente marino, por medio de variadas estructuras de adhesión, raras veces viven en condiciones flotantes en cierto momento de su vida como el género *Sargassum*.

Las Algas Marinas no se presentan en los substratos inestables como arena o lodo, sólo las encontramos en tales medios cuando las lagunas y bahías son de aguas tranquilas o suavemente agitadas por las olas. En la zona de las mareas, las algas están confinadas al substrato rocoso, de naturaleza firme y medio seguro para soportar la acción mecánica de las olas. Esta condición es la más frecuente en nuestro litoral, raras veces encontramos orillas marinas con caracteres geomorfológicos adecuados con grandes y variadas cantidades de algas como ocurre en otras latitudes de nuestro planeta.

Material. El equipo de colección y preservación de las Algas Marinas, está constituido de lo siguiente:

- Un cilindro de material plástico para la colección y transporte de las muestras.
- Bolsas de polietileno de diferentes tamaños.
- Frascos de vidrio o plástico de 50 cc. con tapas de rosca conteniendo una solución de formol al 5% para los especímenes pequeños o porciones de interés que pueden perderse o mezclarse con otros.
- Una espátula o cuchilla de hoja gruesa para desprender las algas de los substratos rocosos.
- Un martillo para destrozar una roca grande y tomar parte de ella donde se presentan muchas formas crustáceas, generalmente calcáreas.
- Formol comercial de 40% para preparar la solución al 5% con agua dulce o agua de mar.
- Una prensa de madera con cartones, secantes, cartulina blanca de tamaño adecuado, lienzos de tocuyo de tamaños diferentes.
- Una bandeja de metal inoxidable o plástico para extender las muestras.
- Fichas diversas, una libreta de campo y un cuaderno para catálogo.

COLECCIÓN

Se entiende que para colectar Algas Marinas debemos ir a la playa, pero no siempre este hecho es tan simple como parece. En la zona de las mareas de naturaleza rocosa, con abundantes algas y expuestas a un fuerte oleaje es difícil realizar colecciones, para lograr tal objetivo debe aprovecharse la marea baja. Es conveniente por tal razón, averiguar el tiempo adecuado sobre el estado y horas de la marea baja anotadas en tablas especiales para cada región. El colector debe anticiparse una o dos horas antes en la zona de colección fijada a la hora indicada para la marea baja y de este modo tener tiempo suficiente para elegir el ambiente adecuado para el trabajo y seleccionar el material que le interesa desde el nivel superior al inferior. En los niveles superiores se puede encontrar un gran número de especies pequeñas, sobre las superficies expuestas de las rocas, incluyendo numerosas formas costrosas como *Ralfsia.* El número y variedad de las especies aumentan hacia los niveles inferiores; no es suficiente colectar las especies más visibles por su tamaño o coloración, sino, debe aprovecharse la oportunidad para otros menos perceptibles y presentes en determinados hábitats: hendiduras de las rocas, protegidas o en las superficies libres expuestas a la acción de las olas. Muchas especies las encontramos como epífitas o parásitas de otras algas generalmente grandes, en estos casos, es menester seleccionar las porciones más adecuadas del hospedante. En los niveles inferiores el colector debe estar atento a la observación de las algas que se exponen sólo momentáneamente.

Cuando la marea vuelve a subir, el trabajo en las partes inferiores debe darse por concluido y retornar hacia los niveles superiores que fueron dejados de lado como: piletas de mareas, rendijas protegidas, cavidades expuestas al salpicón de las olas, cavernas, superficies libres de las rocas, piletas con aguas estancadas y

turbias por la acumulación de sustancia orgánica arrojadas por el mar o excrementos de las aves marinas, restos de conchillas de moluscos, etc. diversos hábitats donde es posible colectar especímenes diferentes y muy interesantes.

La masa de algas colectadas en conjunto, debe ser reexaminada en el lugar de colección o en el laboratorio. Cada especie debe ser colocada independientemente en una bolsa de polietileno o en los frascos respectivos, sin olvidar de poner una ficha numerada en cada caso y que guarda relación con la anotación que se realiza en la libreta de campo.

Al concluir la colección en la zona rocosa de las mareas y cuando las condiciones son desfavorables debemos completar la colección eligiendo los especímenes varados y depositados en las pozas o en la playa arenosa. Muchos de los ejemplares proceden de mayores profundidades, de aguas del sublitoral, así podemos seleccionar los ejemplares más fácilmente que si efectuáramos un dragado o empleáramos una embarcación. Por otro lado, si después de cada tormenta visitamos las playas la cantidad y variedad de algas arrojadas resultan sorprendentes. En estas situaciones podemos elegir los mejores especímenes en condiciones frescas.

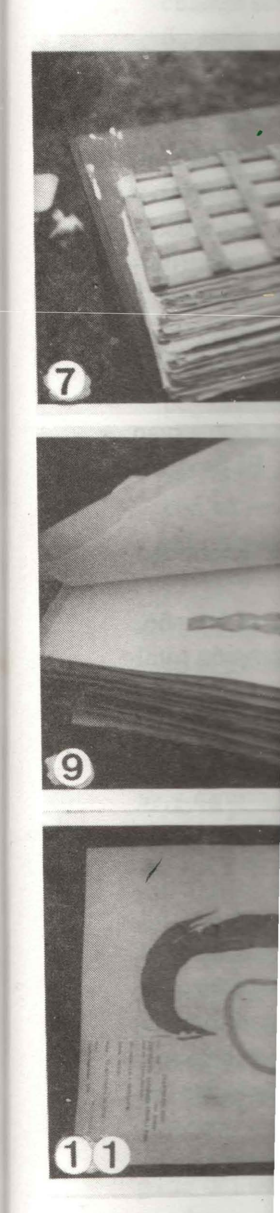
A parte de las zonas rocosas de las mareas, el colector de las algas pueden encontrar más especímenes en los estuarios y bahías de aguas tranquilas, donde la arena fina o lodo se ha sedimentado ofreciendo un substrato casi estable para la permanencia de numerosos géneros. Por otro lado, algunas especies particulares pueden colectarse en condición epizoica, es decir, de la superficie externa del cuerpo de los animales marinos de desplazamiento lento como: cangrejos, isópodos, moluscos y otros invertebrados.

Las algas del sublitoral, pueden colectarse empleando algunos tipos de dragas o por medio del buceo. Cuando la zona elegida es de aguas tranquilas, claras y no muy profundas, el colector puede efectuar inmersiones momentáneas y provisto de una máscara observar el fondo donde la vegetación es generalmente abundante y variada. Si la profundidad es mayor de 2 o 3 metros, el colector experto en buceo debe disponer de un tanque de oxígeno o «aqua lung» para inmersiones más prolongadas y provisto del material adecuado realizar la selección de los mejores especímenes. Este último método es el más satisfactorio y requiere de ciertas condiciones personales por parte del colector.

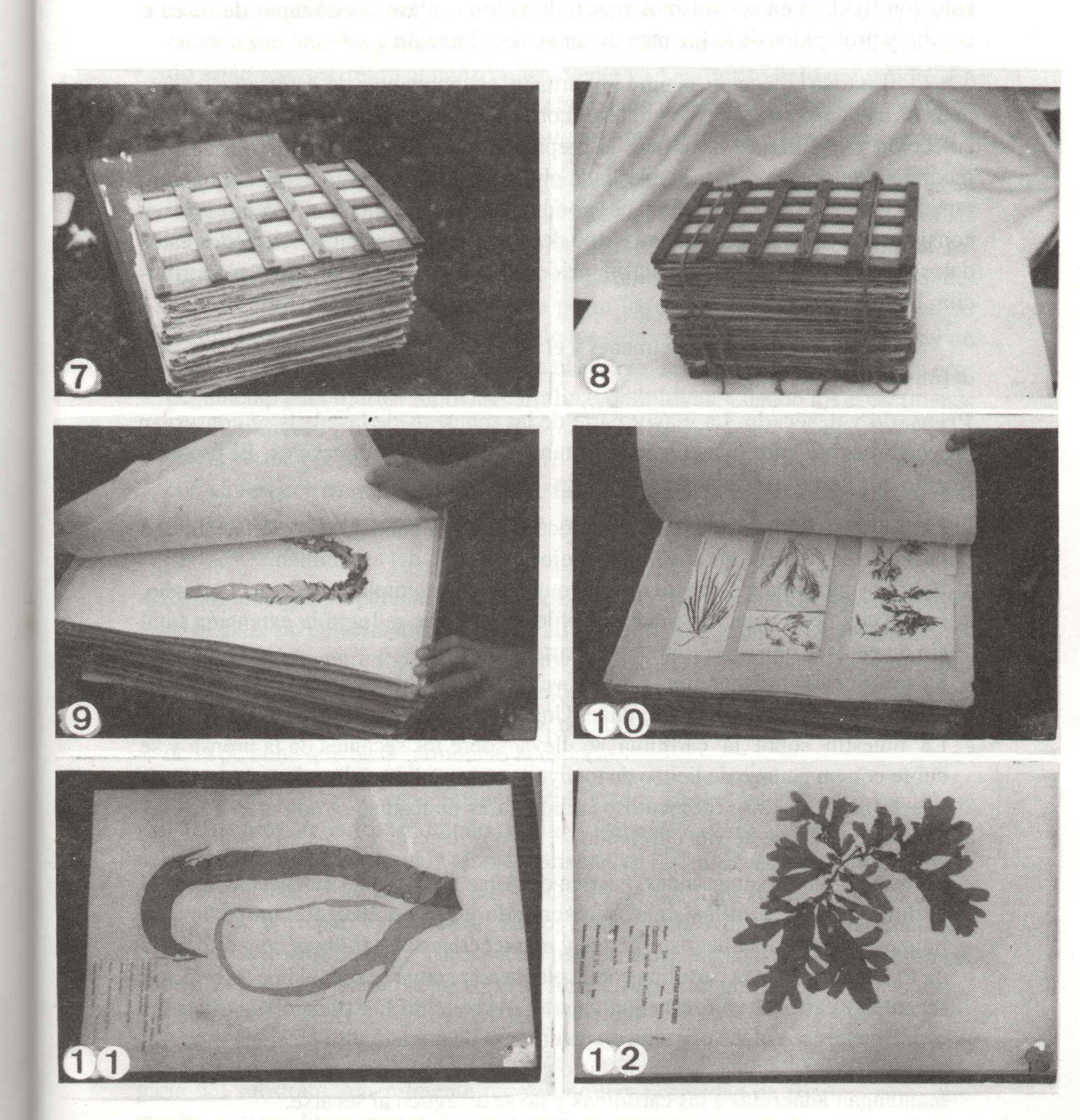
PRESERVACIÓN

Después de concluida la colección, las muestras halladas deben ser fijadas inmediatamente en una solución de formol al 10% en agua de mar o agua dulce individualmente en cada bolsa de polietileno. El conjunto de muestras con sus etiquetas respectivas se colocan en el cilindro, después de 24 horas de fijación el exceso de la solución fijadora puede ser extraído, disminuyéndose así el volumen

Fig.1 Bandeja con la solución de formol al 5% y el ejemplar de *Macrocystis*. **Figs.2,3** Colocación del ejemplar sobre la cartulina. **Figs.4-6** El ejemplar es cubierto con el lienzo, un secante y un cartón.



Figs. 7,8 El mism
días, los ejempla
distribuidos en la



Figs. 7,8 El mismo proceso se sigue con los ejemplares diversos a herborizarse. **Figs. 9,10** Pasado varios días, los ejemplares herborizados están ya secos. **Figs. 11,12** Los ejemplares son etiquetados y luego distribuidos en la coleción correspondiente del herbario.

total de la colección y facilitando de este modo su conducción cuando la distancia es considerable. Los especímenes pequeños e interesantes deben conservarse en la solución fijadora en sus mismos frasco de vidrio o plástico con tapas de rosca o corcho y protegidos de la luz para evitar su decoloración.

En toda colección es muy importante, la abundancia de datos que acompañan a cada muestra y cuyos números correspondientes se anotan en la libreta de colección y al final servirán para la preparación de las etiquetas definitivas. Se recomienda por esta razón, la adecuada observación de los caracteres del hábitat, tamaño y aspecto de los especímenes dominantes, las asociaciones, la coloración y consistencia, temperatura del agua, tipo del substrato, exposición, etc., todos estos datos contribuyen a la mejor interpretación general de la vegetación y su distribución local o geográfica.

De acuerdo a los especímenes y el propósito, los métodos de conservación definitiva son diferentes.

Prensado y desecado. La mayor parte de las muestras de las algas se conservan desecadas sobre cartulinas blancas de tamaño standard o diferentes. El procedimiento que se sigue es el siguiente: (Figs. 1-12)

- Las muestras a secarse deben ser colocadas en una bandeja con cierta cantidad de solución fijadora que facilita la mejor extensión del espécimen.
- Sobre la cartulina elegida se disponen uno o más ejemplares según su tamaño, con ayuda de la solución fijadora, estiletes y pinzas se logra la extensión total sin que exista superposición de sus partes.
- Se recomienda trabajar con la mayor velocidad posible evitando así que la cartulina se moje demasiado y se dañe. Una vez extendida la muestra.
- La muestra sobre la cartulina se lleva sobre los secantes de la prensa y se cubre con un pedazo de lienzo de tocuyo para impedir que los ejemplares masivos y mucilaginosos, filamentosos o laminares delicados, se adhieran a los secantes con los que se van cubriendo.
- Si los ejemplares son grandes, pueden doblarse tantas veces sea necesario en el perímetro de la cartulina standard cubriéndose cada doblez con un pedazo de lienzo para individualizar sus partes y mantenerlas al final libres constituyendo un todo natural. Cada cartulina con la planta respectiva se separa una de otra con secantes y cartones en forma intercaladas. Al concluir la extensión de todos los especímenes se coloca el grupo en una prensa de madera y se presiona moderadamente por medio de dos soguillas o correas con el fin de que las muestras se mantengan adheridas a las cartulinas y no se arruguen al secarse.
- El desecado final se logra exponiendo dicha prensa al sol, después de sucesivos cambios de secantes y cartones húmedos, excepto los lienzos, por otros secos y no dejando en ningún momento de mantenerlos atados para no dar lugar a que se arruguen. Es preferible usar el calor solar y no el artificial de estufas o primus,

por ser este muy intenso y podría resecar las muestras haciéndolas quebradizas. El secado demora generalmente varios días y depende de la consistencia de cada muestra; cuando son pequeñas y delicadas, 2 o 3 días son suficientes y no así cuando son grandes y masivas, las cuales se secan después de 4 a 8 días. Cuando están secas se retira el lienzo suavemente y se agrupa todo lo preparado. En todos los casos, debe anotarse sobre el extremo derecho inferior de la cartulina el número del colector, la fecha y el lugar para evitar confusiones posteriores.

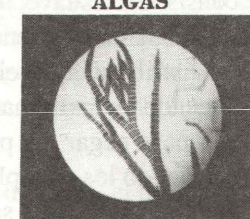
- Muchas especies de algas de consistencia suave, mucilaginosa se adhieren en su integridad a la cartulina sobre la cual se ha extendido, en estas condiciones las muestras están listas para ser distribuidas en el Herbario. En cambio si los especímenes pequeños se han secado en cartulinas igualmente pequeñas, es necesario usar una goma en pasta para pegar los pedazos de cartulina sobre las cartulinas de tamaño standard. Cuando los ejemplares son grandes y duros y no se han adherido a la cartulina durante el secado, se usa una gota de goma u otro pegamento para fijarlos sobre las cartulinas definitivas. Cuando los especímenes son demasiados pequeños, se pueden montar íntegros en un portaobjetos y conservarlos en una colección aparte, pero siempre debe conservarse una cartulina con su respectivo número en el sobre que le corresponde. Es mejor aún, si está representado por una microfotografía, referencia bibliográfica, descripción y el número de colector.
- Todas las algas preparadas para el Herbario, deben llevar una etiqueta definitiva en el extremo derecho inferior. Esta varía en formato y tamaño según las instituciones o incluyen en general los datos siguientes: Provincia y Departamento donde se ubica la localidad de colección, nombre científico del espécimen colectado, hábitat, fecha de colección, nombre y número del colector y nombre de la persona que ha determinado la especie.

Finalmente los especímenes identificados a nivel genérico o específico, son agrupados en un folder común que lleva impreso externamente el nombre genérico. Estos son distribuidos alfabéticamente en los muebles respectivos, como correspondientes a las distintas DIVISIONES de las algas reconocidas para una área geográfica o país determinado. En los Herbarios de Algas, no existen sistemas definidos de distribución de las especies herborizadas, tal cual se conocen para las plantas superiores, que en la mayoría de los Herbarios siguen por ejemplo el sistema filogenético de G. DALLA TORRE y HARM.

Si los especímenes son costrosos o calcáreos y han sido colectados con parte del substrato generalmente rocoso, no hay necesidad de fijarlos, sino, que pueden secarse directamente al aire y secas se guardan en cajas de cartón de tamaño adecuado. Igual se procede con las algas calcáreas articuladas, frágiles, que se maltratan si las prensamos. A veces es preferible sumergirlas en una solución de formol al 40% y glicerina al 3% por espacio de varios días y secas se colocan en



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
MUSEO DE HISTORIA NATURAL
HERBARIO SAN MARCOS USM.
Sección Criptógamas
ALGAS



***Polyshiponia paniculata* Montagne**

Montagne 1842, p.254; Howe 1914, p.142; Hollenberg 1961, p.362 pl.7, fig.1 Dawson, Acleto & Foldvik 1964, p.89, pl. 78, fif.A, pl.79.

Plantas densamente frondosas y suaves, miden de 10 a 25 hasta 30 cem. de altura, emergiendo de filamentos postrados bastante enredados; los filamentos de la base son torcidos, sin tricoblastos, con 2 a 3 rizoides unicelulares por segmento; las ramas erguidas derivan endógenamente cada 2—3 segmentos de los filamentos postrados, ramificados escasamente en la paret inferior y con ramas abundantes en las partes superiores; todas las ramas o porciones erectas se van estrechando de la base y casi siempre están en posoción alternada por pares; generalmente con 10 a 12 células pericentrales, pero algunas veces llegan hasta 14 en las partes de mayor edad u 8 en las porciones más jóvenes, los ejes principales son notorios y miden de 300 a 400 µm de diámetro, compuestos de segmentos que miden de 1,5 a 2,5 mm pudiendo llegar a cuatro veces el largo del diámetro; con tricoblastos abundantes hasta 800 µm de largo, simle o bifurcado una o dos veces, elevándose uno por segmento en espiral o a la izquierda con 1/4 de divergencia; todos los tricoblastos, excepto aquelos asociados con las ramas dejan cicatrices en las células; tetrasporangio de 80 a 100 µm de diámetro, más o menos en forma de espiral en pequeños segmentos; los tricoblastos están ausentes en los lugares ocupados por los cistocarpos de forma globular.

Colectores:
Acleto C. : 667 Ancón ....
Cerrate E. : 2950 Barranco ....
Otros: Dawson 24436 Pucusana ....

cajitas convenientemente numeradas y con una etiqueta de referencia donde se anota además el lugar que ocupa en el Herbario.

Preservación en líquido. De acuerdo al interés de cada colector o investigador, las muestras de Algas Marinas pueden conservarse en una solución de formol al 10% durante meses, aún años, sin dificultad. Si el período es mayor puede emplearse alcohol etílico de 60 a 70% con mayor satisfacción. Es costumbre también conservar en líquido partes del material prensado, en frascos independientes agrupados en series continuas de colección y lugar, en conjunto se colocan dentro de un recipiente mayor y en la misma solución alcohólica y se mantienen en un lugar seguro y protegido de la iluminación

Preparación de láminas permanentes. Si las muestras son microscópicas, delicadas y de gran valor científico, resulta mejor hacer preparados permanentes, igual se procede con los cortes de ejemplares más grandes y logradas con una simple navaja de afeitar o con el micrótomo.

Procedimiento. La muestra elegida preservada en alcohol o en formol, se lava en agua destilada varias veces y luego se tiñe con anilina azul al 1%, sobre el portaobjeto, se acidifica con ácido clorhídrico diluido y posteriormente se vuelve a lavar, el exceso de agua se absorbe con papel secante. Seguidamente se vierte sobre lamuestra unas gotas de jarabe Syrup al 35%, se deja libre por un día, tiempo necesario que evita la plasmólisis violenta, al día siguiente se añade otras gotas del jarabe a 80% y finalmente puro, se cubre con una laminilla, el secado final toma varios días, o se abrevia con el calor controlado de una lámpara.

Los preparados así logrados y con sus respectivas etiquetas se disponen en una caja porta láminas y durarán muchos años de acuerdo al cuidado y uso que se les de.



GLOSARIO

Abaxial: En dirección o posición del eje axial.

Abscisión: Separación natural de una parte o porción del resto del talo.

Acineto o Aquineto: Espora inmóvil, generalmente ovoide, formada de una célula vegetativa por engrosamiento de su membrana, con abundante contenido de reserva, como en *Gloeotrichia*.

Acuminado: De diámetro gradualmente menor hacia el ápice.

Adaxial: Dirección o posición orientada hacia el eje o rama.

Adherente: Más o menos adherido o soldado a otra parte del talo.

Adventicio: Derivado de una posición de talo.

Agar: Ficocoloide no nitrogenado, seco anhidro, gelatinoso. Se obtiene de muchas algas rojas como *Gelidium, Gracilaria.*

Agarofita: Algas rojas productoras de agar.

Alternancia de generaciones: Período de desarrollo que empieza por un determinado tipo de célula germinativa. La célula germinativa no presenta por si misma ninguna generación, sino que debe dar origen a un período de desarrollo por insignificante que sea, antes deque se formen nuevas células germinativas.

Alterno: Lo que no es opuesto, ni verticilado.

Algina: Ficocoloide orgánico complejo, obtenido de las algas pardas grandes como *Macrocystis*, componente importante de la pared celular de ellas.

Anastomosado: Unidas por conexiones transversales.

Anaerobio: Que vive, o son activos en medios carentes de oxígeno libre.

Androsporangios: Célula formadora de una androspora.

Androspora: Zoospora de tamaño moderado que da lugar a un filamento nanandro en las especies de *Oedogonium*.

Anisogamia: Unión sexual heterogámica, en la que los dos gametos siendo diferentes son móviles o inmóviles.

Anteridio: Gametangio masculino en el cual se forman los anterozoides.

Anterozoide: Gameto masculino.

Antiapical: Porción o parte basal, posterior, opuesto al ápice.

Anticlinal: Perpendicular a la superficie del talo o sus partes.

Apical: Relativo al ápice.

Aplanogameto: Isogameto no flagelado, como los de las Conjugales.

Aplanospora: Espora asexual inmóvil, formada aisladamente o en número variable en el interior de una célula madre.

Artejo: Segmentos comparables entre sí y claramente limitados, dispuestos en series lineal, forman parte del cuerpo de un organismo. Ej. *Corallina*.

Articulado: Provisto de artículos o artejos.

Artículo: El entrenudo de ciertos órganos articulados, es decir, divididos por ceñiduras más o menos manifiestas.

Asexual: Reproducción en la que no hay participación de gametos.

Atenuado: Angostado, progresivamente disminuido.

Autogamia: Fusión de dos núcleos emparentados de una misma célula, a los que se supone diferente valor sexual.

Autogamo: Capaz de fertilizarse a sí misma, presenta el fenómeno de autogamia.

Autospora: Espora asexual, inmóvil, que tiene la misma forma de la célula madre, excepto el tamaño antes de abandonar el esporangio.

Auxospora: Espora asexual, frecuente en las Diatomeas, resultan de las auxosporulación asexual de las Centrales y de la apogamia de las Pennalesno móviles.

Auxosporulación: Proceso reproductivo, propio de las Diatomeas, relacionado siempre con el aumento de las dimensiones de las células.

Axial: Situado a lo largo del eje.

Bentos: Profundidad generalmente marina. Conjunto de organismos adaptados a vivir en el fondo de un hábitat acuático. Pueden ser libres o sedentarios. Se distingue en bentos litoral y un bentos abisal.

Biocenosis: Colectividad de organismos vivos en una unidad de hábitat.

Bioderma: Película, o almohadillado de organismos vegetales adheridos al substrato cubierto o salpicado por el agua.

Biflagelado: Organismo móvil gracias a dos flagelos.

Bipennado: Dos veces pinnada.

Bispora: Espora asexual formada en el bisporangio.

Bisporangio: Esporangio de las Florideas, contiene sólo dos esporas.

Braquiblasto: Eje de crecimiento limitado y de ramificación generalmente más densa que el eje principal.

Caliptra: Cubierta en forma de gorro, generalmente sobre la célula apical de un organismo filamentoso.

Capitado: Se dice de los ápices que adoptan la forma de una cabeza o protuberanciasemejante.

Carinado: Relacionado con la quilla o carina, en las valvas de *Nitzschia* por ejemplo.

Carotenoide: Pigmento anaranjado, amarillo, o rojo, soluble en grasa, asociados o no a la clorofila. Se divide en tres grupos: caroteno, xantofila y ácidos carotenoides.

Carpogonio: Órgano sexual femenino de las algas rojas (equivalente a un oogonio), constituido por una células más o menos cónica, ensanchada en su base y terminada en una prolongación en forma de pelo: el tricogino.

Carposporas: Espora haploides o diploides, resultan de la germinación del carpogonio fecundado o de los filamentos gonimoblásticos después de un proceso complicado.

Carposporangio: Esporangio dentro del cual se forma una carpospora.

Carposporofito: Generación o fase asexual de las rodofíceas que va desde el desarrollo del carpogonio fecundado hasta la formación de las carposporas. Se presenta en el gametofito femenino semiparásito.

Carrageninan o Carragen: Ficocoloide semejante al agar, pero con ciertos caracteres diferenciales. Se obtiene de *Chondrus* y otrasGigartinales.

Cauloide: Parte del talo de una alga que tiene la forma y la función del tallo de las cormofita.

Cenobio: Agrupación de células de origen común, pertenecientes a la misma generación y reunidas en un conjunto de forma determinada y constante para la misma especies.

Cenocito: Organismos de protoplasto masivo plurinucleado, sin septaciones.

Célula Auxiliar: En las algas rojas, la célula que se halla cerca del carpogonio a la cual ayuda en los procesos de postfertilización para construir la fase carposporofítica.

Cilios: Estructuras filamentosas muy delicadas en las formas móviles vegetativas o reproductivas.

Cingulo: En las Diatomeas, la parte constituida por las dos bandas o pleuras conectivales superpuestas en parte.

Cianoficina: Producto de asimilación de las Cianofíceas, constituidas principalmente por glucógeno y albuminoides.

Cistocarpo: Cuerpo fructífero de las algas rojas; los carposporangios y las células

estériles de los filamentos gonimoblásticos están provistos de una cubierta o pericarpo adopta generalmente una forma globosa.

Clorofila: Pigmento verde de las plantas, localizado en los cloroplastos de sus células.

Cocoide: Forma vegetativa o redondeada en muchas algas, solitarias o coloniales.

Colonia: Reunión de individuos de la misma especie, con manifiesta relación entre sí, pertenecientes a varias generaciones y de forma definida y constante.

Conceptaculo: Cripta o cavidad más o menos diferenciada que se abre al exterior, generalmente a través de un solo ostiolo situado en la periferie del talo de las Fucales.

Conjugación: Acción de unirse de dos individuos unicelulares, de isogametos en las Zignematales.

Corona: Grupo de células apicales de la núcula de las Charophyta.

Corticación: Capas de células externas que cubren al eje principal.

Criba: Tabique transversal perforado de los haces conductores.

Cromatoforo: Estructura vegetal que lleva los pigmentos, de forma, posición y número variable en los distintos grupos de algas.

Cruciado: El contenido del tetrasporangio está dividido en dos planos en ángulo recto uno a otro en su parte media.

Deciduo: Caduco, no persistente.

Decumbente: Dícese de lo que está inclinado, y principalmente de los tallos no erguidos, como echados o con tendencia a hacerse sobre el suelo.

Dendroide: De forma ramificada, que recuerda las ramas de un árbol.

Diagnosis: Descripción abreviada de una especie, o de un género, etc., en la que se indica de manera sucinta lo que tiene de más característico y por medio de la cual se trata de diferenciar netamente de las especies y géneros afines.

Dicotomo: Dícese de la ramificación en que el punto vegetativo se divide en dos equivalentes, de manera que se produce una horcadura de ramas iguales, por lo menos al principio.

Dioico: Cuando los gametos masculinos y femeninos se localizan enplantas separadas.

Diploide: Cuando cada célula tiene un número doble de cromosomas (2n), por oposición al número gamético o haploide.

Diplohaplonte: Término usado para explicar los fenómenos de sexualidad en las algas. Se caracteriza por una diplofase de duración intermedia entre el tipo haplonte y diplonte, en que al cabo de cierto tiempo la generación diploide asexuada origina esporas haploides que dan lugar a plantas sexuadas masculinas o femeninas.

Diplonte: Plantas con una diplofase muy larga, correspondiente a la fase vegetativa del ciclo, a cuyo término después de una división heterotípica da lugar a dos gametos masculinos y a otros dos femeninos.

Diplobionte: Plantas cuyo ciclo completo se realiza en dos plantas diferentes.

Eje: También se emplea en concepto de eje de simetría, o simplemente de eje, como una línea de un órgano o de un complejo orgánico en torno al cual se disponen con cierto orden sus partes integrantes.

Endofitico: Planta parásita o saprofítica que vive en el interior de un organismo vegetal.

Endogeno: Que se forma o se engendra en el interior del cuerpo vegetativo.

Endospora: Espora que se forma dentro de una célula o dentro de un esporangio.

Endozoico: Que vive en el interior de un animal.

Epifito: Llámese a los vegetales que viven sobre otras plantas, sin sacar de ellas su nutrimiento, sólo le sirve de soporte.

Epiteca: Mitad del frústulo de una Diatomea, que corresponde a la tapa. Mitad superior o apical de la teca en las Peridíneas.

Epivalva: Sinónimo de epiteca.

Epizoico: Vegetal que vive sobre el cuerpo de diversos animales.

Espermacio: Gameto masculino, inmóvil, e incoloro, no flagelado característica de las Algas Rojas.

Espermatangio: Células en las que se producen los espermacios.

Espermatozoide: Célula sexual masculina de las Characeas.

Esporofilo: Laminas del talo, dispuestas sobre el estípite y en las que se localizan los esporangios.

Esporofito: En las plantas con alternancia de generaciones, la generación que presenta esporas asexuales.

Estatospora: Esporas con paredes silíceas.

Estigma: Orgánulo fotorreceptor intracelular, en forma de manchita convexa, redondeada o alargada, roja por la acumulación de pigmentos carotinoides.

Estipite: Pie o pedículo, análogo al tallo de las plantas superiorescon cierta diferenciación histológica y sostiene a las expansiones laminares o frondes.

Estiquidio: Porción que lleva los tetrasporangios en las Algas Rojas.

Exosporas: Espora exógena, formada al exterior de otra célula o de un aparato esporígeno, no encerrada en un esporangio.

Facies: Diferenciación florística, como unidad inferior respecto de sus formaciones que de hecho equivale a lo que hoy llamamos asociaciones.

Fciocianina: Pigmento de color azul, frecuente en la Cianophyceae.

Ficoeritrina: Pigmento de color rojo, frecuente en las Algas Rojas y Azul-verdes.

Ficología: Parte de la Botánica que se ocupa especialmente del estudio de las Algas.

Filamento: Talo o parte del talo de un alga de desarrollo lineal, compuesto generalmente por una sola fila de células. En las Cianofíceas, se denomina filamento al tricoma envuelto por una vaina mucilaginosa.

Flabelado: En forma de abanico.

Fronde: Talo de las algas cuando tienen aspecto folioso.

Frustulo: Conjunto de las dos valvas silíceas de las Diatomeas.

Fucoxantina: Pigmento de color amarillo, presente en los cromoplastos.

Gametangio: Célula o conjunto de Células en cuyo interior se forman los gametos.

Gameto: Células haploides y destinada a formar parte en un proceso de fecundación.

Gametofito: Generación que termina produciendo gametos.

Generación: Acción y efecto de engendrar.

Geniculado: Estrechamiento entre dos artejos consecutivos de las Corallináceas.

Genículo: Metafóricamente nudo o codo de una rama.

Gonidio: Grupo de algas que intervienen en el consorcio liquémico, preferentemente cuando pertenecen a las Chlorophyceae. En Ficología tiene diferentes significados.

Gonimoblasto: En las Rhodophyceae se llama así al conjunto de filamentos originados del proceso de fecundación y que producen las carposporas.

Habitat: Se refiere lo mismo a la estación que a la habitación, se emplea cuando se requiere dar detalles acerca del lugar donde vive la planta.

Haplobionte: Planta cuyo ciclo de desarrollo se realiza en un solo individuo. Se opone a diplobionte.

Haploide: Dícese del organismo o de la fase de su ciclo de desarrollo, cuyas células tiene el número de cromosomas reducido a una serie (n). Se opone a diploide.

Haplonte: Se caracteriza por una fase diploide de corta duración, reducida al zigote, cuya primera división siendo heterotípica, segrega los factores genéticos de diferenciación sexual, de suerte que todo el ciclo vegetativo hasta los gametos son haploides y unisexuales.

Hemisoma: Cada una de las dos mitades, simétricas entre sí de las células de las Desmidiaceae, de edad siempre diferente. Sinónimo de hemicélula.

Heterocisto: Células especiales en las Cyanophyceae, que se originan a partir de las vegetativas, por engrosamiento de la membrana y desaparición del pigmento asimilador. Puede hallarse aislados o en series y ocupar una posición terminal o intercalar en el tricoma.

Heterogamia: Unión sexual entre gametos de diferente tamaño.

Heterotalico: Fenómeno biológico manifiesto por la existencia de dos clases de talo.

Heterotrofico: Comprende a todas las plantas holosaprofíticas y holoparásitas.

Hifa: En Ficología se llama así a las células muy alargadas, especialmente de origen secundario y casi incoloras, como las que forman la médula de las Laminariales.

Hipnospora: Aplanospora que en vez de germinar inmediatamente, se rodea de una membrana más resistente y atraviesa por un período de reposo antes de desarrollarse.

Hipotalo: En algunas Rhodophyceae de talo crustáceo adherido al substrato, parte de aquel que corresponde al mesotalo y que se halla en contacto sobre el substrato sobre el cual vive el alga.

Hipoteca: Mitad del frústulo de una Diatomea. Mitad antiapical o inferior de la teca de una Peridínea. Sinónimo de hipovalva.

Homotalico: Fenómeno biológico manifiesto por la existencia de un solo talo. Se opone a heterotálico.

Hormogonio: Fragmento de un tricoma de una Cyanophyceae, compuesto por un número variable de células, que pueden oscilar entre dos o varios y se forman por fragmentación del tricoma al formarse los discos bicóncavos de mucílago o por muerte de algunas células intermedia. Son móviles y desnudos y están destinados a la propagación de las especies.

Intercalar: Se presentan a lo largo del filamento o talo, no en el ápice, ni en la base.

Intergeniculo: El segmento o artejo de una Corallinaceae articulada.

Internudo: Porción del talo comprendiendo entre dos nudos consecutivos, llamada usualmente entrenudo.

Involucro: Cubierta estéril que rodean las fructificaciones de las algas rojas.

Isogamia: Fusión de gametos iguales.

Isoconta: Que posee varios flagelos iguales de longitud y estructura.

Isomorfico: Plantas semejantes, de la misma forma.

Istmo: Parte estrecha de las células de las Desmidiaceae, en la que se halla la unión de las semicélulas con la correspondiente sutura de la membrana.

Lamina: Parte foliácea en el talo de las algas macroscópicas, fronde de las Laminariales.

Laminarina: Carbohidrato aislado de las Laminariales y Fucales. Con caracteres químicos definidos.

Leucoplasto: Plastidio incoloro que no ha formado pigmento alguno.

Limnoplancton: Plancton de las aguas dulces.

Lorica: Caparazón o cubierta resistente.

Macrandro: Dícese de las Oedogoniaceae, dioicas, en las cuales los anterozoides se originan directamente en los filamentos semejantes a los que se producen oosferas.

Macrogameto: Heterogameto de mayor tamaño y que suele considerarse femenino.

Monoaxial: Con un simple filamento axial que termina en la célula apical.

Monosporas: Esporas asexuales desnudas formadas dentro de unmonosporangio.

Monostromatico: Talo cuyo espesor está dado por una sola capa de células.

Multiaxial: Contiene mas de un filamento axial.

Nanandro: Se denomina así a la plantita masculina en las especies dioicas de *Oedogonium,* por ser rudimentaria y estar formada por pocas células, germina sobre el oogonio o sus inmediaciones.

Nanoplancton: Parte del plancton formado por organismo muy pequeños, los cuales pueden obtenerse por centrifugación o filtración.

Neritico: Zona inmediata a la orilla o ribera marinas.

Neumatoforo: Estructura que contiene aire. Se llama también flotadores.

Nucula: Sinónimo de oogonio. Organo femenino de las Characeae.

Nodulo: Engrosamiento de la membrana de las Diatomeas, lisa y redondeada, ubicado en el centro de la valva y en ambos extremos de su eje apical, limitando las hendiduras del rafe.

Ocelo: Orgánulo visual, de cierta complicación estructural que un estigma presentes en algunas peridíneas y de marcado carácter animal.

Ooblasto: Tubo de conexión a través del cual el núcleo del zigote migra del carpogonio a la célula auxiliar. Se encuentra sólo en las Florideae.

Oogamia: Fecundación de un gameto inmóvil oosfera por otro más pequeño y ciliado anterozoide o microgameto de cuya fusión resulta una oóspora.

Oogonio: Célula en cuyo interior se forman a manera de aplanosporas, gametos femeninos inmóviles u oosferas, en número de uno o más.

Oosfera: Célula sexual femenina, sinónimo de óvulo.

Oospora: Oosfera fecundada. Zigote resultante de la unión de un microgameto y una oosfera.

Operculo: Parte que se desprende en un esporangio.

Ostiolo: Abertura externa de los conceptáculos de las Fucales.

Palmeloide: Tipo de colonia o agrupación que se presenta en diversas algas y fases inmóviles de fitoflagelados cuando las células se multiplican en el seno de una masa mucilaginosa que ellas mismas producen.

Parafisis: Célula filamentosa, o utricular estéril, que se halla entremezclada con las fértiles portadoras de esporas o gametos, como en las Algas Pardas.

Paramilon: Hidrato de Carbono que se produce como materia de reservade las Euglenophyta.

Paraspora: En algunas rodofíceas célula ovoide, grande, plurinucleada y llena de materias de reserva.

Pelagica: Vegetación acuática que habita más allá de la zona nerítica, alejado de las costas o riberas marinas.

Pelo: Parte filamentosa del talo, de crecimiento limitado, con diferenciación apical, formada por una o muchas células alargadas, pobres en clorofila o carentes de pigmentos asimiladores.

Pericarpio: Cubierta de origen gametofítico que rodea al gonimoblasto o esporocarpo en las algas rojas y en conjunto constituye el cistocarpo.

Pericentrales: Células que forman una capa simple y contínua rodeando al eje axial de las Rhodophyta.

Perifiton: Comunidad biótica constituida por organismos que viven adheridos a un substrato sólido y continuamente sumergidos.

Periplasto: Cubierta celular de las Euglenophyta.

Perizonio: Membrana péctica que envuelve a la auxospora de una Bacillariophyceae, crece con ella y es abandonada una vez que el protoplasto ha producido las valvas definitivas dentro del perizonio.

Pirenoide: Masa incolora fundamentalmente de proteína, incluida en los cromatóforos de las algas verdes y a menudo rodeada de un depósito de almidón, con cuya formación se relaciona su presencia.

Placa: Cada una de las pequeñas piezas que unidas por sus bordes, a manera de mosaico, componen la caparazón de los Dinoflagelados.

Plancton: Comunidad biótica, formada por todos aquellos organismos casi siempre pequeños que se hallan en suspensión en agua dulce, salobre o marina.

Plastido: Orgánulo de la célula vegetal provisto de pigmento capaz de formarlo.

Plurilocular: Dividido en varios compartimientos o lóculos: esporangio plurilocular.

Poliedro: Cada una de las esporas que en número de 2 o 5 se originan en los zigotes de *Hydrodictyon*, dentro de ella se producen numerosas zoosporas los que se unen para dar origen a un nuevo cenobio.

Polispora: Cada una de las aplanosporas producidas en número elevado dentro de los polisporangios parecidos a los tetrasporangios.

Postcingular: En los Dinoflagelados: placas de la hipoteca que está inmediatamente en contacto con el cíngulo. Las placas se ubican en número definido.

Precingular: En los Dinoflagelados: placas de la epiteca que están inmediatamente en contacto con el cíngulo.

Procarpo: Organo femenino completo de las Rhodophyta, antes de la fecundación, integrada por la rama carpogonial con el carpogonio y las células auxiliares.

Propagulo: Brote o ramita rudimentaria, formada por dos o más células que sirven como elemento asexual de reproducción vegetativa,Ej. *Sphacelaria*.

Protalo: En ciertas Feofíceas planta minúscula que se origina de la zoosporas asexuales y que a su vez da lugar a los gametos, representa la generación gametofítica reducida.

Protonema: Talo muy sencillo y transitorio que toma su origen en una espora o zigote.

Peudorafe: Campo axial liso, presente en las valvas de ciertas Diatomeas pennales, con aspecto pero no la función de un verdadero rafe.

Quiste: Se emplea para nominar a la fase de reposo, perdurable, en algas unicelulares; presenta una envoltura especializada y sustancia de reserva acumulada.

Rafe: Hendidura longitudinal presente en el campo axial de las valvas de las Diatomeas Pennales, relacionadas con el movimiento.

Ramifiación: Fenómeno en virtud del cual se producen ramas a partir de simples filamentos celulares y toda suerte de talos.

Receptaculo: Parte del talo en las Algas Pardas que sostiene a los conceptáculos.

Rizoide: Diferenciación del talo de las algas que sirven para sujetar la planta.

Rizoma: Talo de posición paralela al substrato y que perduran por tiempo variado y fijos por medio de los rizoides.

Sacoderma: Desmidiaceae sin la constricción media y con la pared celular constituida por una sola pieza.

Saprofito: Vegetal heterótrofo que se nutre a expensas de animales o vegetales muertos y de toda suerte de materia orgánica en descomposición. Carecen de clorofila.

Seno: Angulo entrante que existe a cada lado del istmo en las células de las Desmidiaceae con constricción central.

Sifonal: Tipo de estructura caracterizado por filamentos cenocíticos, sin tabiques, por lo tanto no dividido en células, plurinucleado.

Soro: Grupo bien definido de órganos reproductores que pueden ser esporangios o gametangios, solos o acompañados por parafisis, o con envoltura común o sin ella.

Sulco: Surco longitudinal de los Dinoflagelados.

Sutura: Línea o superficie en la cual se unen dos piezas de la membrana en las algas, cuya pared celular está constituida por dos piezas: Desmidiaceae y Dinoflagelados.

Talo: Cuerpo vegetativo no diferenciado; en ciertos casos, sin embargo, puede distinguirse en él diversas estructuras.

Teca: Envoltura separada del protoplasto en diversos fitoflagelados.

Tetrada: Conjunto constituido por cuatro células producidas por dosdivisiones sucesivas de la célula madre.

Tetrasporas: Cada una de las esporas haploides, originadas en número de cuatro dentro de un tetrasporangio. Típico de las Rhodophyceae y Phaeophyceae.

Tetrasporangios: Esporangio en el cual se produce las tetrasporas haploides.

Tetraspofito: Generación diploide de las Rhodophyceae que produce las tetrasporas haploides.

Tricoblasto: Ramita monosifónica, ramificada, pigmentada y persistente, o caedizo e incoloro propio de las Rhodomelaceae, Algas Rojas.

Tricogino: Organo receptor, alargado en forma de pelo incoloro del carpogonio, destinado a captar los espermacios y del que están dotados los órganos femeninos de las Rhodophyceae.

Tricoma: Conjunto de las células en una cianofícea filamentosa, sin la vaina que la envuelve.

Tricotalico: Tipo de crecimiento propio de las Phaeophyta, caracterizada por la presencia de una franja o fleco de filamentos en los bordes o en extremo del talo y crecimiento procede de la actividad meristemática de las células que ocupan la base de los pelos límite donde estos pasan a constituir tejido compacto.

Tripoli: Sedimento formado por frústulos de Diatomeas.

Utriculo: Ramas vesiculosas dispuestas radialmente en el talo de las Codiaceae.

Vacuola: Espacio o cavidad en el citoplasma llena de jugo celular.

Valva: En las Diatomeas se llama así a la parte plana de cada teca.

Zigote: Célula resultante de la unión de dos gametos o núcleos gaméticos.

Zoospora: Espora flagelada por consiguiente móvil de origen asexual.

Zoosporangio: Esporangio que produce zoosporas.



18

REFERENCIAS

Abbott, I. A. (Ed.).

1988. Taxonomy of economic seaweeds: with reference to some Pacific and Caribbean species, vol.2. California Sea Grant College Program, University of California, La Jolla, California. 265 pp.

1992. Taxonomy of economic seaweeds: with reference to some Pacific and Western Atlantic species,vol.3. California Sea Grant College Program, University of California, La Jolla, California. 241 pp.

Abbott, I. A. and G. J. J. Hollenberg

1976. Marine Algae of California. Stanford University Press, Stanford, California. XII+827 pp.

Abbott, I. A. and J. N. Norris

1985. Taxonomy of economic seaweeds: with reference to some Pacific and Caribbean species, vol.1. California Sea Grant College Program, University of California, La Jolla, California. 167 pp.

Acleto, O. C.

1966. Algas de agua dulce de las Cascadas de Barranco. Publ. Museo de Historia Natural. Serie B, No 21:1-65.

1973. Las algas marinas del Perú. Bol. Soc. Peruana Bot. 6:1-164.

1980. Notas sobre las algas marinas del Perú. Publ. Museo de Hist. Nat. Serie B, No 30:1-33.

1986. Algas marinas del Perú de importancia económica. (2da Ed.) Publ. Museo de Hist. Nat. Serie de Divulgación No 5:1-107.

Agardh, C. A.

1824. Systema algarum. Vol.1. Lund. 38 + 312 pp.
Aldave, P. A.
1973. Algas de las aguas termales de los Baños del Inca Cajamarca. Bol. Soc. Bot. La Libertad 5(1-2):11-48.
Allen, M. A.
1940. Charophyta. In The Percy Sladen Trust Expedition to lake Titicaca in 1937.Trns. Linn. Soc. London. Bot. (2): 155-160.
Anagnostidis, K. and J. Komarek
1985. Modern approach to the classification system of Cyanophythes 1. Introduction. Arch. Hydrobiol./Suppl. 71, Algological Studies 39/39: 291-302.
1988. Modern approach to the classification system of Cyanophythes 3. Oscillatoriales. Arch.Hydrobiol./ Suppl.80, Algological Studies 50/53: 327-472.
1990. Modern approach to the classification system of Cyanophythes 5. Stigonomatales. Arch. Hydrobiol./Suppl. 81, Algological Studies 59: 1-73
Balech, E.
1978. Introducción al fitoplancton marino. Eudeba. Manuales. Buenos Aires.211 pp.
Bicudo, C. E. y R. M. Bicudo
1970. Algas de aguas continentales brasileras. Fund. Bras. Desen. Ens. de Ciencias.Sao Paulo. 228 pp.
Bold, H. C. and M. J. Wynne
1985. Introduction to the Algae: Structure and reproduction. Second Edition. Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey. XVI+720 pp.
Boney, A. D.
1966. A Biology of Marine Algae. Hutchinson, London. 216 pp.
Bourrelly, P.
1968. Les algues d' eau douce. II. Les algues jaunes et brunes. N. Boubee et Cie. Paris. 438 pp.
1970. Les algues d' eau douce. III. Les algues blues et rouges. N. Boubee et Cie. Paris. 512 pp.
1972 . Les algues d' eau douce. I. Les algues vertes. N. Boubee et Cie. Paris. 572 pp.
Bornet, E. et C. Flahault
1886-1888. Révision des Nostoccacées heterocystées contenues dans les principaux herbiers de France. Reprint 1959. J. Cramer. Weinheim. 262 pp.
Brock, T. D.
1978. Termophilic Micro-organisms and life at high temperature. Springer-Verlag, New York.
Brook, A. J.
1981. The Biology of the Desmids. Vol. 16. Blackwell Scientific Publication, Oxford. 286 pp.
Buetow, D. E. (Ed.)
1968. The Biology of ***Euglena***, Vols.I, II. Academic Press, New York. **1982.** The Biology of ***Euglena***, Vols. III y IV. Academic Press, New York.

Butcher, R. W.
1967. An Introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part IV. Cryptophyceae. Fish. Invest. Ser. 4, 54 pp.
Carr, N. G. and B. A. Whitton (Eds.)
1973. The Biology of Blue-Green algae. University of California Press, Berkeley. 676 pp.
Chapman, V. J.
1970. Seaweeds and their uses. 2nd. Ed. Methuen, London. 304 pp.
Chapman, V. J. and D. J. Chapman
1977. The Algae. 2nd. Ed.Macmillan Press Ltd.new York.497 pp
Chadefaud, M.
1978. Sur la notation de prochlorophytes. Rev. Algol. N.S. 13:203- 206.
Christensen, T.
1962. Alger. In Böcher, T.W., M. Lange and T. Sorensen. Botanik.Vol. 2. No 2.Copenhagen.
1994. Algae:A Taxonomic survey. AiO Press Odense. Denmark.217-472 pp.
Copeland, J. J.
1936. Yellowstone Thermal Myxophyceae.Ann.N.Y.Acad.Sci.36:1-229.
Cupp, E. E.
1943. Marine plancton diatoms of the West Coast of North America. Bull. Scripp.Inst.of Oceanography La Jolla, California.Vol.5.No 1:1-238 pp.
Dawes, C. J.
1981. Marine Botany. Wiley-Interscience, New York. X+473 pp.
Dawson, E. Y.
1956. How to know the seaweeds.WM.C. Brown Co. Dubuque, Iowa. 197 pp.
1966. Marine Botany. An Introductionds. Holt, Rinehart and Winston, New York XII+ 371 pp.
Dawson, E. Y., C. Acleto and N. Foldvik
1964. The seaweeds of Perú. Nova Hedg.13:1-111.
Desikachary, T. V.
1959. Cyanophyta.Indian Council Agr. Res. New Delhi. 686 pp.
Dixon, P. S.
1973. Biology of the Rhodophyta. Hafner Press, New York, XIII+ 285 pp.
Dodge, J. D.
1973. The Fine Structure of Algal Cells.Academic Press, London. X+261 pp.
1983. Dinoflagellates: Investigatio philogenetic speculation. Brit. PhycolJ. 18:335-356.
Doty, M. S.
1946. Critical tide factors that are correlated with the vertical distribution of marine algae and other organisms along the Pacific Coast. Ecology 27:315-328.
Drouet, F.
1968. Revision of the Classification of Oscillatoriaceae. Monogr. Acad. Nat. Scie. Phila. 15.370 pp.
1973. Revision of the Nostocaceae with cylindrical tricomes. Hafner Press. Macmillan, New York. 292 pp.

1978. Revision of the Nostocaceae with constricted tricomes. Beih. Nova Hedw. 57: 1-258.
1981. Revision of the Stigonemataceae with a Summary of the Classification of the Blue-green Algae. Beih. Nova Hedw. 66:221 pp.
Drouet, F. and W. A. Daily.
1956. Revision of the Coccoid Myxophyceae. Butler Univ. Bot. Stud.12:1-218.
Endlicher, S. L.
1840. Genera plantarum secundum ordines naturales disposita.Viena.1483 pp.
Engler, A. und E. Gilg.
1909. Syllabus der Pflanzenfamilien. Berlin. 420 pp.
Etcheverry, H.
1986. Algas marinas bentónicas de Chile. Unesco. Montevideo. 379 pp.
Ettl, H.
1978. Xanthophyceae 1.Teil,VEB Gustav Fischer Verlag, Jena. 530 pp.
Fan, K. C.
1961. Morfological studies of the Gelidiales.Univ. Calif. Publ. Bot. 32: 315-368.
Fernandez, H. M.
1969. Contribución al estudio de las Cianofitas del Perú. Bol. Soc. Bot. La Libertad 1: 13-73.
Foog, G. E., W. D. Stewart, P. Fay and A. E. Walsby
1973. The Blue-Green Algae.Academic Press, London. 459 pp.
Fott, B.
1974. The Phylogeny of Eukariotic Algae. Taxon. 23: 446-461.
Fredericq, S. and M. H. Hommersand
1989a. Proposal of the Gracilariales ord. nov. (Rhodophyta) based on an analysis of the reproductive development of ***Gracilaria verrucosa***. J. Phycol. 25: 213-227.
Frenguelli, J.
1939. Diatomeas del Lago Titicaca. Notas Museo de La Plata, 4, Bot. No.24: 175-199.
Fritsch, F. E.
1935. The structure and reproduction of the algae.Vol.I.Cambridge University Press, Cambridge. 791 pp.
1945. The structure and reproduction of the algae. Vol. II. Cambridge University Press, Cambridge. 939 pp.
Gabrielson, P. W., D. J. Garbary, M. R. Sommerfeld, R. A. Townsend and P. L. Tyler
1990. Phylum Rhodophyta. In: Margulis, L., J. O. Corliss, M.Melkonia and D. J. Chapman (Eds.). Handbook of Protoctista. Pp. 102-118 Jones & Bartlett, Boston.
Geitler, L.
1932. Cyanophyceae. InL.Ranbenhorst. Kriptogamenfloravon Deuschland. Osterreich und der Schweis. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, pp. 673-1056.
Gibbs, S. P.
1981. The chloroplast of some algal groups may have evolved from endosymbiotic eukariotic algae. Ann. N.Y.A cad. Sci. 361: 193-207.

Gillot, M. A. and S. P. Gibbs
1980. The cryptomonad nucleomorph: its ultrastructure and evolutionary significance. J.Phycol.16: 558-568.
Godward,M. B. E.
1966. The chromososmes of the alage. Edward Arnld, London. 212 pp.
Gomont, M.
1892. Monographie des Oscillariées (Nostocaées Homocystées). Ann. Sc. Nat. Bot. 7éme. Ser. 15: 263-368. Reprint 1962. J. Cramer. Weinheim.
Gojdics, M.
1953. The Genus ***Euglena***. University of Wisconsin Press, Madison. 268 pp.
Greuter, W. (Chairman)
1988. International Code of Botanical Nomenclature. Adopted by the Fourteenth International Congress, Berlin, July-August1987. Koeltz Scientific Books, Koenigstein.
XIV+328 pp. (Regnum Vegetabile 118).
Griffin III, D. G.
1968. Sumario de nuestro conocimiento de las Charophyra del Perú. Publ. Museo Hist. Nat. Ser. B.22: 1-32.
Harvey, W. H.
1836. Algae. In J. T.Mackay. Flora Hibernica. Pt.3: 157-254. Dublin.
Hegewald, E., E.Schnepf and A. Aldave.
1980. Investigations on the lakes of Perú ansd their phytoplankton 5. The algae of Laguna Piuray and laguna Huaypo, Cuzco, with special reference to ***Franceia*** and ***Scenedesmus***. Arch. Hydrobiol./ Suppl. 56. Algologicla Studies 25: 387-420.
Hendey, N. I.
1964. An Introductory account of the Smaller algae of British Coastal Waters. Part. VBacillariophyceae (Diatoms)Ministry of Agric., Fisheries and Food, Fishery Investigatios Ser. IV. XXII+317 pp.
Hibberd, D. J.
1976. The ultrastructure and taxonomy of the Chrysophyceae and Prymnesiophyceae (Haptophyceae): a survey with some new observations of the ultraestructure of the Chrysophyceae. Bot. J. Linn. Soc.72: 55-80.
1980. Prymnesiophytes(=Haptophytes).InPhytoflagellates (E.R.Cox,Ed.)Elsevier/ North-Holland, New York, pp. 273-318.
Hine, A. E.
1977.A Glossary of Phycological terms for students of marine Macroalgae. St. Aldéns in the weeds,Miami.91
Hommersand, M. H.
1963. The morphology and classification of some Ceramiaceae and Rhodomelaceae. Univ.Calif.Publ.Bot.35:165-366.
Hommersand, M. H. et al.
1993. New perspectives in the taxonomy of the Gigartinaceae (Gigartinales, Rhodophyta). Hydrobiología 260/261: 105-120.

Hoppe, H. A.,T. Levring and Y. Tanaka (Eds.)
1979. Marine Algae in Pharmaceutical Science . Walter de Gruyter, Berlin. 807 pp.
Howe, M. A.
1914. The Marine Algae of Perú. Torrey Bot. Club Mem. 15: 1-185.
Humm, H. J. and S. Wicks
1980. Introduction and Guide to the marine Blue-green algae. John Wiley & Son, Inc. New York.194 pp.
Hutchinson, G. E.
1975. A treatise on Limnology, Vol.3, Limnological Botany. John Wiley & Son, New York.
Irvine, D. E. G. and J. H. Price (Eds.)
1978. Modern approaches to the taxonomy of red and brown algae. The systematics association.Special Volume No 10, Academic Press, London.
Johansen, D. A.
1940. Plant Microtechnique. McGraw-Hill Book Co. New York. VII+521 pp.
Joly, A. B.
1967. Géneros de algas marinhas da costa Atlántica Latinoamericana. Editora Univ. Sao Paulo.461 pp.
Jussieu, A. L. De.
1789. Genera Plantarum....24: XXII+498 pp. Paris.
Klebs, G.
1883. Uber die organisatin einiger Flagellaten-Gruppen und ihre Beziehung zu Algen und Infusorien. Untersuch. Bot. Inst.Tübingen, 1(2): 233-362.
Kjellman, F. R.
1893. Pheophyceae. In A.Engler and K.Prantl, Die natürlichen Planzenfamilien...Teil1, Abt.2. pp.176-188.Leipzig.
Kornmann, P.
1973. Codiolophyceae, a new class of Chlorophyta. Helgol. Meeresunters. 34: 371-374.
Kurogi, M.
1972. Systematics of ***Porphyra*** in Japan.In contributions to Systematics of Benthic marine algae of the North Pacific (I.A.Abbott and M.Kurogi,Eds.). Japanese Society of Phycology, pp.167-191. Kobe.
Kylin, H.
1956. Die Gattungen der Rhodophyceen. Gleerup, Lund. XV+673 pp.
Lamouroux, J. V. F.
1813. Essai sur le genres de la famille des Thalassiophytes non articulées. Ann. Mus. Hist. Nat. Paris.
Lee, R. E.
1980. Phycology. Cambridge University Press, Cambridge. X+478
Leedale, G. F.
1967. Euglenoid Flagellates. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J. XIII+242 pp.

Lewin, R. A.
1962. Physiology and Biochemistry of Algae. Aacdemic press, New York. XXVIII+929 pp.
1976. The genetic of Algae. Blackwell Scientific Publication, Oxford. 360 pp.
1977. ***Prochloron***, type genus of the Prochlorophyta. Phycologia 16: 217.
1981. ***Prochloron***, and the theory of symbiogenesis. Ann. N.Y.Acad. Sci. 361: 325-329.
Lewis, J. R.
1964. The Ecology of rocky Shores. The English University Press, London.
Linnaeus, C.
1753. Species plantarum.Vols.1,2. Royal Society, London. 1200 pp.
Lobban, C. S. and M. J. Wynne (Eds.)
1981. The Biology of seaweeds. Blackwell Scientific Publication Oxford. XI+786 pp.
Loeblich, A. R., III
1782. Dinophyceae. In Synopsis and Classification of Living Organisms (S.Parker,Ed.). McGraw-Hill, New York, pp.101-115.
Maggs, C. A. and C. M. Pueschel
1989. Morphology and development of ***Ahnfeltia plicata*** (Rhodophyta): proposal of Ahnfeltiales ord. nov. J. Phycol. 25: 333-351.
Magne, F.
1989. Clasification et phylogéenie des Rhodophycées Cryptogamie-Algologie 10: 101-115.
McNeill, J.
1993. Preliminary mail vote and reprot of Congress action on nomenclatural proposal. Taxon 42:907-922.
Manguin, E.
1964. Contribution a la connaisance des Diatomées des Andes Perou. Mem. Mus. Nat. D' Hist. Nat. Nouv. Ser. B. Bot. 12(2): 41- 98,25pls.
Maldonado, A.
1943. Las lagunas de boza,Chilca y Huacachina y los graadales de la costa del Perú. Reimp. Act. Trab. 2do Congreso Per. de Química, Lima.143 pp.
Morris, I.
1977. An Introduction to the Algae. Hutchinson University Press Library, London. 189 pp.
1980. The Physiological Ecology of Phytoplancton. Blackwell Scientific Publication, Oxford.
Montoya, T. H.
1984. Algas de la Laguna de Villa (Lima) Cyanophyta,Chlorophyta, y Chrysophyta (Xanthophyceae). Bol. de Lima 31(6): 75-89, 32(6): 49-62.
Nakamura, Y.
1972. A proposal on the Classification of the Phaeophyta. In Contributions to the Systematics of benthic marine Algae of North Pacific (I. A. Abbott and M. Kurogi, Eds.) Jap. Soc. Phycol. Kobe, pp.147-155.

Newell, G. E. and R. C. Newell
1981. The Biology of seaweeds. Blackwell Scientific Publication, Oxford.XI+786 pp.
Norris. R. E.
1992. The marine red algae of Natal, South Africa: Order Gelidiales (Rhodophyta). Mem. Bot. Surv. South Africa 61: 1- 43.
Ortega, M.
1984. Catálogo de las Algas Continentales recientes de México. Univ. Nac. Aut. México. 566 pp.
Okasaki, A.
1971. Seaweeds and their uses in Japan. Tokai University Press, Tokyo. 165 pp.
Papenfuss, G. F.
1946. Proposed names for the phyla of algae. Bull. Torrey Bot. Club 73: 217-218.
1955. Classification of the algae. In A Century of Progress in the Natural Science, 1853-1953. California Acad. Sci., San Francisco, pp 115-224.
1966. A review of the present system of classification of the Floridiophycidae.Phycologia 5:247-255.
Piccone, A.
1886. Alghe del viaggio di circumnavigazione della Vettor Pisani. 97 pp., 2pls. Genova.
Pickett-Heaps, J. D.
1975. Green Algae.Sinauer Associates. Sunderland, Mass. 606 pp.
Prescott, G. W.
1962. Algae of the Western Great Lakes Area. Wm. C. Brown,Dubuque, Iowa. 977 pp.
1968. The Algae.A Review. Houghton Mifflin, Boston. 436 pp.
1970. How to know the Fresh-water Algae. Wm. C. Brown, Dubuque, Iowa, 348 pp.
Ramirez, M. E. y B. Santelices
1991. Catálogo de las algas marinas bentónicas de la costa temperada del Pacífico de Sudamérica. Monografías Biológicas No 5, Publ. Per. Pontificia Univ. Católica de Chile 437 pp.
Reynolds, C. S.
1984. The Ecology of Freshwater Phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge.
Round, F. E.
1973. The Biology of the Algae. St.Martin's Press, New York. 278 pp.
1981. The Ecology of the Algae. Cambridge University Press, Cambridge.
Rosowski, J. R. and B. C. Parker (Eds.)
1971. Selected Papers in Phycology. University of Nebraska, Lincoln. 876 pp.
1982. Selected Papers in Phycology II. Phycological Society of America, Book Divison Lawrence, Kansas. XXI+866 pp.
Russell, G. and R. L. Fletcher
1975. A numerical taxonomic study of the British Phaeophyta. J .Mar. Biol. Ass. U.K. 55: 763-783.

Samanez, I.
1979. Algas Continentales del Perú II. Algas de Pucallpa y alrededores. Publ. Museo Hist. Nat. Ser. Div. 10: 1-43.
Santelices, B.
1989. Algas Marinas de Chile. Ed. Universidad Católica de Chile. 399 pp.
Scagel, R. F.
1965. An evolutionary Survey of the Plant Kingdom. Wadsworth, Belmont, California.XI+658 pp.
Schmitz, C. J. F.
1889. Systematische Ubersicht der bisher bekannten Gattungen dee Florideen. Flora 72: 435-456.
Schmitz, C. J. F. and P. Hauptfleisch
1896-1897. Rhodophyceae. In A. Engler and K. Prantl. Die naturlichen Pflanzenfamilien. Teil 1,Abt.2. pp 298- 544.
Silva, P. C.
1980. Names and classes of living algae. Regnum Vegetabile103: 1-156.
1982. Chlorophycota. In Synopsis and Classification of Living Organism, Vol.I (Ed.S.P.Parker), p 133-161. McGraw-Hill, New York.
Silva, P. C. and W. H. Johansen
1984. A Reappraisal of the Order Corallinales (Rhodophyceae). Br. Phycol. J.21: 245-254.
Simonsen, R. (Ed.)
1972. Symposia on Recent and Fossil Marine Diatoms.Beih. Nova Hedw. 39.
1979. Symposia on Recent and Fossil Marine Diatoms. Beih. Nova Hedw. 64.
Sluiman, H. J., K. R. Roberts, K. D. Steward and K. R. Mattox
1980. Comparative cytlogy and taxonomy of the Ulvaphyceae. I. The zoospore of *Ulothrix zonata* (Chlorophyceae). J. Phycol. 16: 537-545.
Sluiman, H. J.
1989. The Green Algal Class Ulvophyceae An ultraestructurae Survey and Classification. Cryp. Bot.1, 83-94.
Smith, G. M.
1950. The Fresh-water Algae of the United Satets. 2nd. Ed. McGraw Hill, New York. VII+719 pp.
1979. (Ed.).Manual of Phycology. Chronica Botanica. The Ronald Press Co.375 pp.
1955. Cryptogamic Botany. Vol. I. Algae and Fungi. McGraw-Hill, New York.IX+546 pp.
Smith, G. M., G. J. Hollenberg and I. A. Abbott
1969. Marine algae of the Monterey Peninsula California. 2nd.Ed. Stanford University Press, Stanford. X+752 pp.
Sournia, A.
1967. Le genre *Ceratium* (Péridinien planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution á une révison mondiale. VieMilieu, Sér. A,18: 375-499.

1978. Phytoplancton Manual UNESCO Monographs on Oceanographic Methodology, UNESCO, Paris.
South, G. R. and A. Whittick
1987. Introduction to Phycology. Blackwell Scientific Publication, Oxford. VIII+341 pp.
Stackhouse, J.
1816. Neries Britannica. 2nd. Ed. XII+68 pp. Oxford.
Stephenson. T. A. and A. Stephenson
1949. The universal features of zonation between tidw marks on rocky coasts. J. Ecol. 37: 289-305.
Stein, J. R. (Ed.)
1973. Handbook of Phycological Methods. Cambridge University Press, Cambridge. XII+448 pp.
Steward, K. D. and K. R. Mattox
1978. Structural evolution in the flagellates cells of green algae and land plants. BioSystems 10: 145-152.
Steward, W. D. P. (Ed.)
1974. Algal Physiology and Biochemistry. University of California Press, Berkeley, 989 pp.89-305.
Taft,C. E. and C. W. Taft
1971. The Algae of Western Lake Erie. Bull. Ohio Biol. Surv. New Ser.4(1): 1-115. Publ. Ohio State University, Columbus.
Taylor, W. R.
1945. Pacific Marine Algae of the Allan Hancock Expedition to the Galapagos Islands. Allan Hancock Pacific Exped. 12: IV+528 pp.
1960. Marine Algae of the Eastern Tropical and Subtropical Coasts of the America. University of Michigan Press, Ann Arbor. IX+970 pp.
Tiffany, L. H.
1958. Algae: The Grass of many waters. Charles C. Thomas, Springfield, III+199 pp.
Tilden, J.
1910. The Myxophyceae of North America and adjacent regions including Central America, Greenland, Bermuda, The West Indies and Hawai. Minnesota Algae, Vol. I IV+328 pp.20 pls.
Trainor, F. R.
1978. Introductory Phycology. Wiley, New York.
Tutin, T. G.
1940.XI.The Algae. Percy Sladen Trust Expedition.Trans. Linn. Soc. London. Bot.III.1(2):191—202.
van der Hoek, CH.
1963. Revision of the European species of ***Cladophora***. E. J. Brill, Leiden. 248 pp. 55pls.
van der Hoek, CH., C. D. Mann and H. M. Jahns
1995. Algae: An Introduction to Phycology, Cambridge University Press, 637 pp.

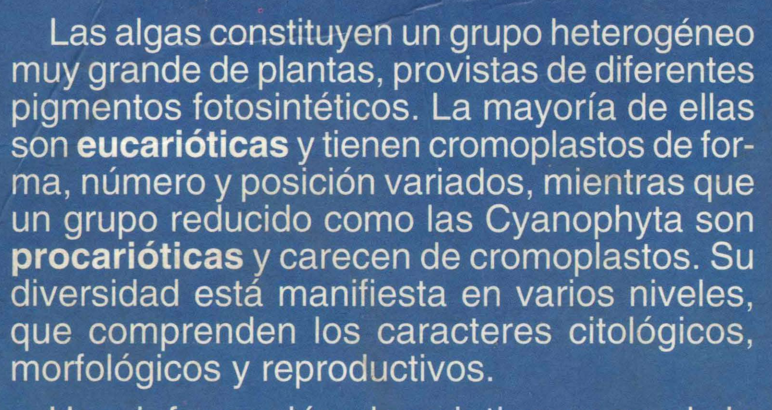
van der Meer, J. P. and E. R. Todd
1980. The life history of ***Palmaria palmata*** in culture. A new type for the Rhodophyta.Can.J. Bot. 58: 1250 -1256.
Venkataraman, G. S.
1961. Vaucheriaceae. Indian Counc. Agric. Res. New Delhi, IX+112 pp.
Wall, D. and Evitt, W. R.
1975. A comparison of the modern genus ***Ceratium*** Schrank, 1793, with certain Cretaceous marine dinoflagellates. Micropaleontology 7: 14-44.
Whatley, J. M.
1981. Chloroplast Evolution:ancient and modern. Ann. N.Y.A cad. Sci.361:154-164.
Weberbauer, A.
1945. El mundo vegetal de los Andes Peruanos.Ministerio de Agricultura, Lima, Perú.
Werner, D. (Ed.)
1977. The biology of Diatoms. Blackwell Scientific Publication, Oxford.VII+498 pp.
West, J. A. and M. H. Hommersand
1981. Rhodophyta:life history.In The Biology of Seaweeds (Eds.Lobban C.S. and M.J. Winne), pp.133-193. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
Whitford, L. A. and G. J. Schumacher
1973. A Manual of Fresh-water Algae.Sparks Press, Raleigh, N.C., 324 pp.
Womersley, H. B. S.
1984. The Marine benthic flora of Southern Australia. Part I. (Govt Printer,South Australia),329pp.
1994. The Marine benthic flora of Southern Australia. Part IIIA. Australian Biological Resources Study, Camberra, 508 pp.
1996. The Marine benthic flora of Southern Australia. Part IIIB. Australian Biological Resources Study, Camberra, 392 pp.
Wood, R. D. and K. Imahori
1965. A Revision of the Characeae.Vol.I. Monograph of the Characeae, Cramer, Weinheim.904 pp.
Wynne, M. J.
1982. Phaeophyceae.In Synopsis ansd Classification of Living Organisms,Vol.I (Ed. Parker S.P.),pp. 115-125.McGraw- Hill,New York.
Zuñiga, A. R.
1972. Algas frecuentes en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de La Atarjea, Lima. Raimondiana 5:115-130.
1988. Flora Criptogámica de Lima y alrededores:Algas Continentales.Rev. Per. Biología 3:1-140.

[illegible]

19

ÍNDICE DE GÉNEROS Y ESPECIES

Impreso en los Talleres Gráficos
de EDITORIAL ESCUELA NUEVA S.A.
Av. Pacto Andino 285 - Chorrillos
en el mes de febrero de 1 998
R.I.N. 15-10985-G
LIMA - PERÚ



Las algas constituyen un grupo heterogéneo muy grande de plantas, provistas de diferentes pigmentos fotosintéticos. La mayoría de ellas son **eucarióticas** y tienen cromoplastos de forma, número y posición variados, mientras que un grupo reducido como las Cyanophyta son **procarióticas** y carecen de cromoplastos. Su diversidad está manifiesta en varios niveles, que comprenden los caracteres citológicos, morfológicos y reproductivos.

Una información descriptiva general de estas características se da con mayor amplitud en este libro.

Ilustración de la carátula: Vaucheria velutina C. Agardh, una Xanthophyceae marina de hábito gregario en la playa arenosa de Lagunillas, Paracas, Ica, Perú.

Fotografía por: César Acleto O.

Impreso en Editorial Escuela Nueva S.A.